6П7.3
Т32

Все замечания и предложения по книге просим направлять по адресу: *Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14, издательство «Высшая школа».*

Темкин И. В.

Т32 Производство электроугольных изделий. Учеб. пособие для подгот. рабочих на производстве. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Высш. школа», 1975.

232 с. с ил.

В книге излагаются основы технологии производства электроугольных изделий, в том числе электрических щеток, осветительных и элементных углей, бронзо-графитных подшипников, втулок, уплотнительных материалов, электрических контактов, постоянных магнитов и конструкционных изделий.

Приводится описание основного технологического оборудования электроугольного производства и приемов работы на нем.

Во 2-м издании книги по сравнению с 1-м более подробно рассматриваются основные свойства сырьевых материалов и электроугольных изделий, расширен материал, относящийся к оборудованию электроугольного производства, введен новый подраздел «Магнитная сепарация», заново написана глава «Технология изготовления электрокерамических угольно-графитных антифрикционных и конструкционных изделий.

$Т\frac{30309-055}{052(01)-75}$ 53—75 6П7.3

Исаак Вульфович Темкин

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Редактор Г. А. Сильвестрович. Переплет художника Ю. Д. Федичкина. Художественный редактор Т. В. Панина. Технический редактор Е. И. Герасимова. Корректор Р. И. Самофатова

Т—19027 Сдано в набор 24/IX—74 г. Подп. к печати 21/XI—74 г. Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 3. Объем 14,5 печ. л. Усл. п. л. 14,5. Уч.изд. л. 15,43 Изд. № ЭГ—219 Тираж 2500 экз. Цена 51 коп.
План выпуска литературы для профтехобразования издательства «Высшая школа» на 1975 г. Позиция № 53
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,
Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
Хохловский пер., 7. Зак. 1624.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из отраслей электротехнической промышленности является электроугольное производство. В связи с развитием электротехнической промышленности роль электроугольных изделий в решении ряда важных народнохозяйственных и научно-технических проблем с каждым годом возрастает.

Основной задачей электроугольного производства, вытекающей из решений, поставленных XXIV съездом КПСС, является повышение эффективности производства, качества и надежности выпускаемых изделий, рост производительности и улучшение условий труда.

В текущей пятилетке выпуск электроугольных изделий увеличится в 2—2,5 раза.

Что же представляют собой электроугольные изделия? Это изделия, которые получают на основе угля или продуктов его переработки, а также графита и используют в электротехнике. Сюда относятся электрические угли для дуговых фонарей и электрических батарей, щетки для электрических машин, конструкционные угольно-графитные изделия, применяемые в химическом машиностроении, и др.

В России первое производство электроугольных изделий было организовано в 1874 г. в г. Кинешме на небольшом кустарном заводе. Позже, в 1899 г., в Кудинове Московской области (ныне г. Электроугли) был построен первый крупный по тому времени завод по производству электроугольных изделий.

С тех пор технология и методы производства электроугольных изделий непрерывно развивались и совершенствовались.

В самостоятельную отрасль выделилась родственная электроугольной — электродная промышленность, интенсивно растет производство электрометаллокерамических изделий.

В настоящее время электроугольное производство представляет собой развитую отрасль промышленности, оснащенную современным технологическим оборудованием.

Совершенствование электроугольного производства осуществляется на основе механизации и автоматизации технологических процессов, внедрения новых методов производства, новой технологии, поточно-технологических линий, которые оснащаются автоматическими системами контроля и управления.

Для успешного совершенствования производства и овладения новой техникой необходимо систематически повышать квалификацию рабочих, мастеров, которые должны хорошо знать технологию производства, а также современное оборудование.

Настоящее учебное пособие служит задачам подготовки рабочих на производстве.

В учебном пособии изложение материала в каждой главе построено таким образом, что учащемуся вначале дается материал теоретического содержания, затем описывается оборудование и технология работы на этом оборудовании, рассматриваются причины возникновения брака и меры по его ликвидации. Построение материала по технологическому циклу позволяет создать у учащихся цельное представление о технологии производства электроугольных и электрометаллокерамических изделий.

ГЛАВА I

КЛАССИФИКАЦИЯ, СВОЙСТВА И ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Электроугольная промышленность в настоящее время выпускает обширный ассортимент готовых изделий и материалов, применяемых в различных областях промышленности.

В соответствии с общесоюзным классификатором промышленную продукцию можно разделить на два класса: 1) электроугольные и 2) электрометаллокерамические изделия (рис. 1).

Электроугольные изделия. К этому классу относят щетки для электрических машин, электрические угли, изделия для техники слабых токов, уплотнительные и конструкционные, графитные и угольно-графитные. Электроугольные изделия, за исключением цветных щеток, содержат почти чистый углерод (содержание в изделии его составляет 92—99,9%).

Электрические щетки изготовляют четырех видов: угольно-графитные, графитные, графитированные и металлографитные. Всего электроугольная промышленность выпускает около 40 марок щеток.

В зависимости от назначения электрические угли подразделяют на осветительные, элементные, сварочные и прочие.

Осветительные угли применяют в качестве источника света в дуговых лампах различного назначения. К этому типу углей относят кинопроекционные, киносъемочные, прожекторные, светокопировальные, угли для спектрального анализа.

Элементные угли служат положительными электродами гальванических элементов различных типов.

Сварочные угли применяют для резки, сварки различных металлов, а термические — в качестве электродов электрических печей.

К изделиям, используемым для техники слабых токов, относят угольные столбы сопротивления (применяемые в автоматических регуляторах напряжения генераторов, регуляторах скорости вращения двигателей), мембраны, диски, пластины для разрядников, микрофонные порошки (в технике телефонной связи).

Уплотнительные и конструкционные изделия представляют собой различные уплотнительные кольца для турбин, кольца для

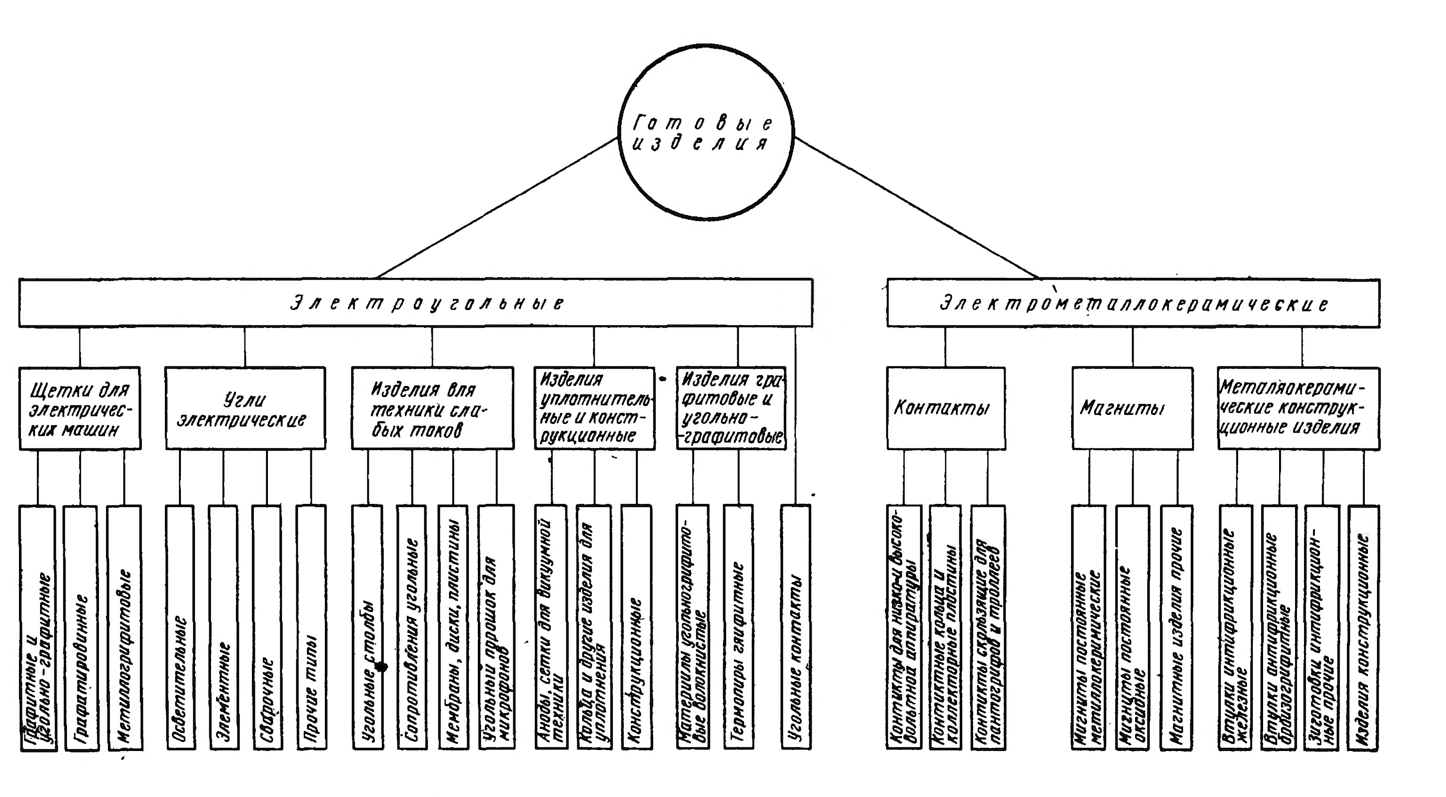


Рис. 1. Классификация электроугольных изделий

торцевых уплотнений химических аппаратов, сальники для насосов, поршневые кольца и пластины, используемые в компрессорах и воздуходувках, подшипники для различного рода механизмов, футеровочные плиты.

К графитным и угольно-графитным изделиям относят угольно-графитные, волокнистые углеродистые ткани, войлок, токопроводящие углеродистые шнуры для нагревательных элементов, грелок, одеял, костюмов, гибкие графитированные шнуры, используемые для термопар.

Наконец, в этот же класс электроугольных изделий входят фасонные аноды и сетки, применяемые в ртутных выпрямителях и вакуумных генераторных лампах, а также угольные контакты для замыкания и размыкания электрических цепей.

Электрометаллокерамические изделия. К этому классу относят контакты, магниты, магнитопроводы, металлокерамические конструкционные изделия, которые получают на основе различного рода порошков металлов и сплавов. Электрометаллокерамические контакты применяют в низко- и высоковольтной аппаратуре для замыкания и размыкания электрических цепей. Скользящие контакты используют для контактных колец электрических машин, точных измерительных приборов, а также в качестве вставок токоприемных головок троллейбусов.

Магниты применяют в различных измерительных приборах, счетчиках, различного рода реле, в электрических машинах, для телефонных аппаратов и т. д. Их изготовляют двух типов: постоянные металлокерамические на основе порошков металлов и лигатур и оксидные — на основе окислов железа и бария (см. гл. XI).

Металлокерамические конструкционные изделия в виде самосмазывающихся железо-графитных или бронзо-графитных втулок, вкладышей, заготовок служат в качестве подшипников как заменители цветных металлов в узлах трения механизмов, машин, там где подвод смазки затруднен или невозможен; их широко используют в автомобилях и тракторах. Металлокерамические конструкционные детали в виде шестерен, башмаков, роликов, рычагов, эксцентриков применяют в различных машинах, механизмах и приборах, а металлокерамические коллекторные пластины — вместо пластин из катаной меди, кадмиевой бронзы в электрических машинах.

§ 2. СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И МАТЕРИАЛОВ

К основным свойствам электроугольных изделий относят: анизотропность, пористость, плотность, твердость, электропроводность, теплопроводность, механическую прочность, микроструктуру. В зависимости от назначения изделия должны обладать специальными, например, антифрикционными, магнитными свойствами. Свойства изделий зависят от вида применяемого сырья, дисперсности сырьевых материалов, рецептуры и технологии производства.

Анизотропность. Если из электроугольного изделия вырезать два образца, один в направлении прессования, другой в перпенди-

кулярном направлении, то они будут иметь различные свойства (например, разную электропроводность, твердость, теплопроводность, механическую прочность и т. д.). Отношение свойств по разным направлениям внутри твердого тела называют *анизотропией.*

Анизотропия обусловлена в основном методом прессования и геометрической формой частиц. Поэтому электроугольные изделия, полученные прессованием в пресс-формах или выдавливанием через мундштук, имеют как бы слоистое строение.

Пористость. Электроугольные изделия и материалы обладают открытой и закрытой пористостью. Пористость указывает на степень заполнения объема материала порами; ее выражают в процентах к объему материала. Пористость электроугольных изделий в зависимости от марки колеблется от 2,5 до 25—30%. Около 90—95% пористости приходится на открытые сообщающиеся поры, а остальное — на закрытые и тупиковые поры. Средний радиус пор составляет 0,01—0,1 мкм и выше. Величина и распределение пор определяется размером и формой зерен сырьевых материалов и пресс-порошков, степенью уплотнения пресс-порошков при прессовании. Угольно-графитные уплотнительные материалы некоторых марок для ликвидации пористости пропитывают искусственными смолами или жидким металлом.

Кажущаяся плотность (удельный вес $\gamma_к$). Кажущуюся плотность электроугольных изделий определяют как отношение массы материала к его объему, который включает и поры.

Кажущаяся плотность угольно-графитных изделий составляет 1,6—1,75 г/см^3, металлографитных — 2,2—6,3 г/см^3. Чем выше пористость изделия, тем меньше кажущаяся плотность.

Теплопроводность. Теплопроводностью называют способность материала проводить тепло от более нагретых частей к менее нагретым. Ее величину характеризуют коэффициентом теплопроводности λ, который равен количеству тепла в калориях, проходящему в час через образец данного материала длиной 1 м и сечением 1 м^2 при разности температур на противоположных поверхностях 1° С. Теплопроводность графитированных материалов больше, чем у некоторых металлов (свинца, железа и др.); она составляет 20—40 ккал/м·ч·град. Теплопроводность угольно-графитных материалов значительно ниже, чем графитированных, и составляет 3,6—7,2 ккал/м·ч·град *.

Относительный температурный коэффициент линейного расширения. Электроугольные изделия и материалы, как и другие физические тела, при нагревании изменяют свои размеры.

Для количественного определения этого явления служит относительный температурный коэффицинет линейного расширения α. Он показывает, на какую часть первоначальной длины увеличится размер тела при нагревании на 1° С.

---

* Коэффициент теплопроводности в Международной системе единиц (СИ) выражается в Вт/(м·град) ·[1 ккал/(м·ч·град) = 1,1630 Вт/(м·град)].

Коэффициент линейного расширения угольно-графитных материалов в 3—4 раза меньше, чем у стали, и составляет $(2 \div 9) 10^{-6}$ 1/град.

Благодаря хорошей теплопроводности и небольшому коэффициенту линейного расширения электроугольным изделиям и материалам свойственна высокая термостойкость. Они не растрескиваются при резких сменах температуры, начиная от низких до высоких порядка тысячи и выше градусов.

Электропроводность. Способность вещества проводить электрический ток объясняется наличием в нем свободных заряженных частиц, которыми могут быть либо валентные электроны (электроны проводимости), либо ионы (положительно или отрицательно заряженные атомы).

Электропроводность электроугольных изделий и материалов носит в основном электронный (металлический) характер. Согласно закону Ома между величиной напряжения, силой тока и электропроводностью проводника существует линейная зависимость:

$$I = UG,$$

где U — величина приложенного напряжения, В; I — сила тока, А; G — проводимость, $Ом^{-1}$.

Если обозначить электрическое сопротивление проводника через R, закон Ома можно выразить формулой

$$I = \frac{U}{R},$$

где R — сопротивление проводника, Ом; эта величина обратна проводимости.

Удельное электрическое сопротивление. Величина, с помощью которой количественно характеризуют электрическое сопротивление проводника, называется удельным электрическим сопротивлением:

$$\rho = R\frac{S}{l},$$

где R — общее сопротивление проводника, Ом; S — поперечное сечение проводника, $мм^2$; l — длина проводника, м; ρ — удельное электрическое сопротивление, $Ом \cdot мм^2/м$ *.

Удельное электрическое сопротивление электроугольных изделий зависит от многих факторов: состава, пористости, плотности, температуры термической обработки, метода прессования.

При нагреве в пределах 20—600° С удельное электрическое сопротивление угольно-графитных, графитированных материалов уменьшается (т. е. они в области этих температур обладают отрицательным температурным коэффициентом сопротивления). При нагреве выше 600° С их удельное электрическое сопротивление увеличивается.

---

* В технической литературе иногда электрическое сопротивление выражают в $Ом \cdot см$. 1 $Ом \cdot см = 10\,000$ $Ом \cdot мм^2/м$.

Удельное электрическое сопротивление изделий, полученных прессованием в пресс-формах, меньше в направлении, перпендикулярном усилию прессования, чем в параллельном; удельное электрическое сопротивление изделий, полученных при прессовании выдавливанием через мундштук, меньше в направлении, параллельном усилию прессования, чем в перпендикулярном.

Отношение величины удельного электрического сопротивления в двух взаимно перпендикулярных направлениях в зависимости от марки изделия и материала может быть 1 : 10.

Удельное электрическое сопротивление металлографитных изделий составляет 0,08—15 Ом·мм^2/м, угольно-графитных — 50—110 Ом·мм^2/м, а графитированных — 5—50 Ом·мм^2/м.

Твердость $H_{ф}$. Твердостью называется способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела.

Твердость угольно-графитных и металлографитных изделий и материалов многих марок определяют видоизмененным методом Роквелла — по глубине отпечатка шарика, который вдавливают в испытуемый материал под определенной нагрузкой.

Для электрометаллокерамических изделий используют метод Бринелля. Согласно этому методу число твердости определяют по отношению нагрузки, приложенной к вдавливаемому в материал шарику, к площади поверхности отпечатка.

Метод определения твердости по Шору сейчас находит ограниченное применение из-за недостаточной чувствительности его при испытании электроугольных изделий.

Эти методы определения твердости не связаны с необходимостью разрушать испытуемый образец.

Твердость угольно-графитных и графитных электрощеток составляет 20—150 кГ/мм^2 * и выше, графитированных —5—50 кГ/мм^2, металлографитных — 4—25 кГ/мм^2.

Механическая прочность. Механическая прочность — это способность материала не разрушаться под действием внутренних напряжений, возникающих в нем от приложения внешней нагрузки.

Прочность электроугольных изделий характеризуют пределом прочности на сжатие, изгиб и растяжение, а также величиной модуля упругости и ударной вязкостью.

Наиболее часто для оценки качества электроугольных изделий используют значение предела прочности при сжатии и изгибе. Большинство электроугольных изделий относят к хрупким материалам; они под действием внешних нагрузок почти не изменяют свою форму и при достижении критического значения нагрузки разрушаются. Механические характеристики электроугольных изделий имеют явно выраженную анизотропию.

Предел прочности при сжатии или растяжении равен величине нагрузки, при которой происходит разрушение образца, деленной на

---

* В системе СИ за единицу силы принят ньютон (Н). Механическое напряжение в единицах СИ измеряют в Н/м^2·1 кГ/мм$^2 \approx 10^7$ Н/м^2, а 1 кГ/см$^2 \approx$ $\approx 10^5$ Н/м^2.

первоначальную площадь поперечного сечения. В зависимости от марки изделия предел прочности при сжатии колеблется в широких пределах: 200—1800 кГ/см².

Антифрикционные свойства. Электроугольные изделия характеризуются низким коэффициентом трения, способностью прирабатываться, высокой износоустойчивостью, способностью выдерживать большие рабочие нагрузки при высоких скоростях и температурах. Низкий коэффициент трения электроугольных материалов объясняется их самосмазывающими свойствами из-за наличия в них натурального или искусственного графита.

При трении угольно-графитных изделий по металлической поверхности на ней образуется тончайшая пленка (политура), которая играет большую роль в механизме трения и состоит из ориентированных в направлении движения чешуек графита, прилипших к поверхности настолько прочно, что их можно удалить только механической шлифовкой. На трение электроугольных изделий большое влияние оказывает наличие влаги в окружающей атмосфере. При минимальном содержании в воздухе влаги (меньше 5 мг/л) повышается коэффициент трения и наблюдается высокий износ изделий («сухое трение»). Такое же явление происходит при работе изделий в вакууме или в среде водорода, азота, аргона и других газов.

Для улучшения антифрикционных свойств электроугольных изделий при работе в условиях вакуума в них либо вводят твердые смазки, как, например, дисульфид молибдена (MoS_2), фтористый барий (BaF_2), либо их пропитывают смазывающими веществами.

Антифрикционные свойства электроугольных изделий определяют путем испытания на специальных стендах. При необходимости испытание проводят в термобарокамерах, в которых искусственно создают разрежение, повышенную влажность, нагрев и другие условия, в которых будут эксплуатироваться испытуемые изделия.

Химические свойства. Электроугольные изделия обладают определенными химическими свойствами и составом. В составе металлографитных изделий содержатся различные металлы и графит. В состав угольно-графитных материалов входят углерод (до 99,9%), сера и различные минеральные примеси, которые называют зольными: SiO_2; Fe_2O_3; Al_2O_3; CaO; MgO и др.

Зольные примеси попадают в угольно-графитные материалы вместе с сырьем. Значительное количество зольных примесей содержится в графите. В обожженные угольно-графитные материалы входит 2—8% зольных примесей.

В процессе графитации большинство примесей удаляются и количество их в готовых графитированных материалах не превышает 0,1—1%.

Некоторые марки изделий, например, спектрально чистые угли, содержат зольных примесей не больше 10^{-3}—10^{-4}%, аноды — не больше 0,1—0,14%.

Зольные примеси в основном оказывают вредное влияние на эксплуатационные свойства электроугольных изделий. Чтобы

уменьшить их влияние, в металлографитных щетках многих марок применяют обеззоленный (рафинированный) графит.

При оценке влияния зольных примесей учитывают вид и их состав. Так, например, наличие в графитированных электрощетках блестящих крупинок карборунда (SiC) служит причиной износа коллекторов электрических машин. Строго ограниченное количество тонкодисперсных примесей в электрощетках, например, двуокиси кремния (SiO_2), оказывает полирующее действие и очень часто благоприятствует работе щеточно-коллекторного узла.

Угольно-графитные изделия и материалы обладают высокой химической стойкостью и не боятся воздействия соляной, серной, фосфорной кислот, едких щелочей и многих других агрессивных химических веществ. Они могут работать на открытом воздухе до температуры 350—400° С. Выше этой температуры они начинают окисляться (медленно сгорают), выделяя при этом CO и CO_2.

В условиях вакуума в инертной или восстановительной среде графитированные материалы работоспособны до температуры порядка 2600° С. Химическая стойкость металлографитных изделий и материалов ограничивается стойкостью металлических компонентов, а пропитанных угольно-графитных — стойкостью веществ, которые применяют для пропитки.

Магнитные свойства. Магнитные свойства веществ проявляются в способности их притягиваться друг к другу или отталкиваться.

В зависимости от способности к намагничиванию все вещества делят на парамагнитные, ферромагнитные и диамагнитные.

Парамагнитные, хотя намагничиваются, но весьма слабо. К таким веществам относят алюминий, платину, хром, марганец и т. д. Магнитная проницаемость таких веществ (по отношению к вакууму) немного больше единицы ($\mu > 1$).

Ферромагнитные вещества (ферромагнетики) обладают способностью к сильному намагничиванию. К ним относятся железо, никель, кобальт, их сплавы между собой и с другими металлическими и неметаллическими элементами. Магнитная проницаемость ферромагнетиков составляет от нескольких сот до нескольких тысяч.

Диамагнитными называют такие вещества, в которых магнитные свойства очень слабо выражены и практически отсутствуют.

К таким веществам относят свинец, серебро, медь, золото, сурьму, органические вещества. Магнитная проницаемость таких веществ немного меньше единицы ($\mu < 1$).

Различие веществ по их способности к намагничиванию объясняется характером строения атомов или молекул, а также особенностью движения электронов по орбитам вокруг атомов и вращением электронов вокруг собственной оси.

К основным свойствам ферромагнитных веществ, которые характеризуют их поведение в процессе эксплуатации, относят магнитную остаточную индукцию, коэрцитивную силу, удельную максимальную энергию, магнитную проницаемость.

Металлокерамические магнитные материалы делят на три основные группы: магнитотвердые или постоянные магниты; магнитомягкие и магнитодиэлектрики.

К магнитотвердым материалам относят сплавы сложного состава на основе системы железо — алюминий — никель, железо — алюминий — никель — кобальт, с присадкой меди и титана, сюда же относят ферриты на основе окислов железа и бария. Их отличает высокая коэрцитивная сила при относительно большой остаточной магнитной индукции. Для улучшения свойств таким материалам придают анизотропность магнитных характеристик путем воздействия в процессе охлаждения на них магнитного поля.

К магнитномягким материалам относят чистое железо и сплавы железа с никелем, кремнием и др. Эти материалы быстро намагничиваются, а при снятии магнитного поля легко теряют свои магнитные свойства.

К магнитодиэлектрикам относят материалы, в которых мелкодисперсные магнитные частицы связаны и изолированы друг от друга диэлектриком, в качестве которого обычно используют полимеризационные смолы и другие вещества. Магнитодиэлектрики обладают постоянной магнитной проницаемостью, большим удельным электрическим сопротивлением, низкими потерями на вихревые токи и гистерезис.

Микроструктура. Под микроструктурой понимают внутреннее строение материала и взаимное расположение частиц.

Микроструктура электроугольных материалов самым тесным образом связана с их рецептурным составом и технологией производства. Изучение микроструктуры производят на специально приготовленных шлифах под микроскопом (см. гл. XII).

§ 3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ОПЕРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Технологический процесс производства электроугольных изделий весьма сложен и состоит из нескольких этапов и операций.

Технологический процесс продолжается от нескольких дней до двух и даже трех месяцев. Длительность обусловливается в основном операциями термической обработки — обжига (24—48 суток) и графитации (до 7—10 суток).

Производство электроугольных изделий и материалов складывается из трех самостоятельных, но взаимосвязанных этапов.

На первом этапе — подготовительном — подготавливают сырьевые материалы: производят дробление, прокаливание и размол коксов, просев и усреднение порошковых материалов, уваривание, препарирование каменноугольной смолы, дробление и плавление пека.

На втором этапе из подготовленных сырьевых материалов получают полуфабрикат в виде плит, блоков, заготовок, стержней крупного или сложного профиля, полых трубок, а в ряде случаев почти готовых изделий. К основным технологическим операциям этого

этапа относятся: дозирование и смешение сырьевых материалов с целью получения из них прессовочных масс нужного состава, формование путем прессования заготовок в пресс-формах или через мундштук, термическая обработка (спекание) для придания заготовкам необходимой прочности и, если требуется, графитация обожженных заготовок, а также пропитка пеком.

На третьем, завершающем, этапе из полуфабриката путем механической обработки (см. гл. VIII) получают готовые изделия заданной конфигурации и размеров. Основными технологическими операциями этого этапа являются: резка, обдирка, шлифовка, обточка, сверление полуфабриката, калибровка, конопатка, развальцовка, пайка, маркировка. Помимо указанных операций сюда следует отнести пропитку изделий различными веществами, омеднение, фитиление, сушку. В результате получают готовые изделия, которые по своим качествам должны отвечать технических условиям или государственным стандартам (ГОСТ).

Заключительной операцией изготовления изделий является их упаковка и сдача на склад для отправки потребителям.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные виды выпускаемых промышленностью электроугольных изделий и расскажите об их назначении.
2. Каковы основные свойства электроугольных изделий?
3. Что собой представляет принципиальная схема производства электроугольных изделий?

ГЛАВА II

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 4. НАЗНАЧЕНИЕ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Качество исходных сырьевых материалов имеет решающее влияние на физико-механические характеристики и стабильность готовых изделий. Поэтому к постоянству качества и однородности сырьевых материалов должны предъявляться самые строгие требования.

По сравнению с другими отраслями промышленности электроугольное производство не является крупным потребителем сырья и поэтому часто вынуждено использовать сырьевые материалы, поставляемые другим отраслям промышленности. Такое сырье в ряде случаев не может в полной мере удовлетворять специфическим требованиям электроугольного производства. Поэтому на многих зарубежных предприятиях стремятся некоторые виды сырьевых материалов, например сажу, получать непосредственно на электроугольном производстве.

Для уменьшения неоднородности свойств сырья поставщикам предъявляют требование поставлять сырье из одного и того же источника с соблюдением неизменности способа его производства.

Очень важное значение имеет наличие иа предприятии достаточных запасов сырьевых материалов, которые храият в специализированных складах.

Сырьевые материалы делят на две группы: твердые материалы (наполнители) и связующие.

К группе твердых сырьевых материалов относят различные углеродистые вещества, т. е. вещества, содержащие в своем составе преимущественно углерод, и порошки различных цветных металлов и их окислов. В группу связующих веществ входят каменноугольный пек, твердые или жидкие смолы искусственного происхождения.

Существуют и другие многочисленные виды материалов, используемые в качестве различного рода добавок, растворителей, пропитывающих веществ, а также для армирования готовых изделий и т. д.

§ 5. УГЛЕРОДИСТЫЕ ТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Нефтяной кокс. Нефтяной кокс является продуктом коксования тяжелых остатков, получающихся в результате переработки нефти или нефтепродуктов. Свойства кокса зависят от метода получения и характеристик тяжелых остатков.

Тяжелые остатки имеют сложную структуру и представляют собой смесь высокомолекулярных углеводородов и различных соединений.

При коксовании тяжелых остатков термического крекинга * прямогонных мазутов или гудронов получают крекинговый кокс, а при коксовании тяжелых остатков пиролиза ** керосиновых фракций — пиролизный кокс. Тяжелые крекинговые и пиролизные нефтяные остатки коксуют (рис. 2) в горизонтальных обогреваемых кубах при температуре порядка 500° С. Процесс этот периодический, продолжительностью 20—25 ч. В результате коксования в кубе получают коксовый пирог, который выгружают при 60° С. Глыбы кокса дробят на более мелкие куски и отправляют поставщикам.

Нефтяной кокс представляет собой твердую пористую массу, большей частью блестящего черного цвета.

Кокс, прилегающий к стенкам и нижней части куба, так называемый корковый, отличается большей плотностью и повышенным содержанием золы.

Содержание зольных примесей в корковом коксе может достигать 1,5—2%, что в четыре раза выше нормы. Поэтому при использовании нефтяных коксов следует не допускать попадания коркового кокса в производство.

---

* Крекинг — это способ термической переработки нефти и нефтяных продуктов, основаиный ва расщеплении углеводородов, происходящем при иагревании в сочетании с повышенным давлением.

** Пиролиз — это способ термической переработки нефти и нефтяных продуктов с разложением их при высоких температурах.

Количество зольных примесей в нефтяном коксе также зависит и от зольности тяжелых остатков, направляемых на коксование.

Крекинговый кокс по сравнению с пиролизным имеет более высокую пористость, а пиролизный отлнчается более плотным строением, большей механической прочностью и почти полным отсутствием микропор. Это, в свою очередь, определяет и различное поведение этих коксов в процессе изготовления из них изделий.

Крекинговый кокс по сравнению с пиролизным обладает большей упругостью. При прессовании из крекингового кокса изделий часто образуются трещины после снятия нагрузки. Кроме того, он лучше графитируется, чем пиролизный, и из него получаются мяг-

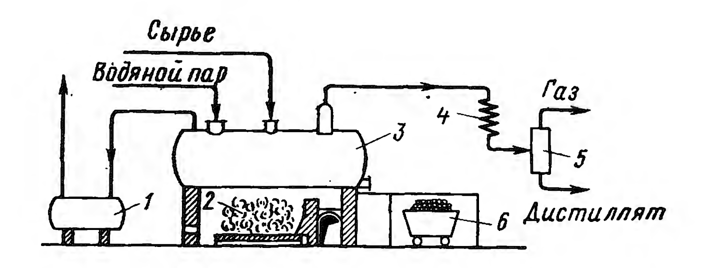


Рис. 2. Схема установки для получення нефтяных коксов:
1 — сборочный бак погонов, 2 — топка, 3 — куб для загрузки сырья, 4 — конденсатор-холодильник, 5 — сепаратор, 6 — разгрузочная тележка

кие графитированные изделия с меньшей механической прочностью, хорошей электропроводностью. Такие изделия легко поддаются механической обработке, резанию, точению и шлифованию.

Поэтому пиролизный нефтяной кокс ряда изделий не может быть заменен на крекинговый.

Повышенное содержание серы в коксах отрицательно сказывается на сроках службы огнеупоров прокалочных печей, а также на процессе графитации, препятствуя переходу материала в состояние графита.

Для электроугольных изделий используют нефтяной кокс марок КНПЭ (пиролизный электродный) и КНКЭ (крекинговый электродный), которые должны по своему качеству соответствовать ГОСТ 3278—62. Однако, в виду того, что коксы отгружают в открытых платформах, они часто поступают в производство с повышенными влажностью и содержанием золы. Коксы, полученные от потребителей, следует хранить в закрытых складских помещениях по партиям, не допуская их загрязнения или увлажнения.

Пековый кокс. Пековый кокс получают путем коксования каменноугольного пека с температурой размягчения 145—150° С. Процесс коксования в зависимости от конструкции печей длится 8—14 ч. Кокс считают готовым, когда температура в печи в осевой плоскости коксового пирога достигает 950—1050° С. Коксовый пирог вы-

гружают из печи коксовыталкивателем, принимают в тушительный вагон и тушат водой в специальной тушильной башне.

Пековый кокс представляет собой пористую массу серо-стального цвета значительной прочности. Кокс, расположенный у стен камер коксовых печей, имеет повышенную плотность; толщина плотной корки таких кусков составляет 4—12 мм и в ней больше зольных примесей. В пековом коксе содержится значительно большее количество сажеобразных продуктов, чем в нефтяных, и поэтому он хуже графитируется. Из пекового кокса по сравнению с нефтяными получают изделия с повышенными механическими свойствами. Содержание летучих веществ в пековом коксе составляет 0,8%, и поэтому его иногда используют без дополнительной прокалки, ограничиваясь подсушкой для удаления влаги.

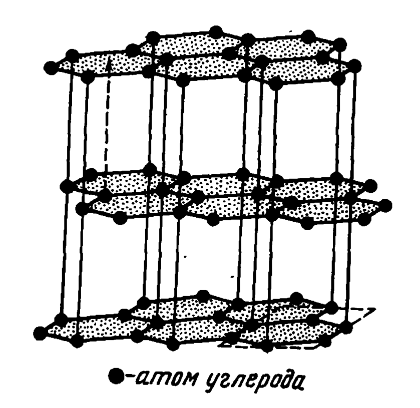


Рис. 3. Кристаллическая решетка графита

Для производства электроугольных изделий применяют пековые коксы марок КПЭ-1 и КПЭ-2 (кокс пековый электродный), свойства которых должны соответствовать требованиям ГОСТ 3213—71.

Натуральный графит. Кристаллическая решетка графита (рис. 3) состоит из шестичленных углеродистых слоев-сеток, которые связаны друг с другом слабыми связями и поэтому легко скользят, смещаясь по плоскостям спайности относительно друг друга. Вследствие такой слоистой структуры графит обладает мягкостью, жирностью и хорошими самосмазывающими свойствами. Кроме того, графит отличается высокой электропроводностью и теплопроводностью.

Наличие слоистой структуры обусловливает его анизотропность, т. е. указанные выше свойства графита резко отличаются в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Все графиты согласно В. С. Веселовскому делят на явнокристаллические и скрытокристаллические. Основным признаком для такого деления служит величина кристаллов графита, из которых состоит графитный материал; вторичными признаками являются их форма и взаимное расположение. К явнокристаллическим графитам относят плотнокристаллические и чешуйчатые, состоящие из крупных кристаллов, средняя величина которых 1 мкм. Типичными представителями плотнокристаллических графитов являются ботогольский (бывшее название алиберовский), из зарубежных — цейлонский.

Чешуйчатые графиты состоят из отдельных кристаллов или их сростков, имеющих форму чешуек, наслаивающихся одна на другую. К числу чешуйчатых относят тайгинский и завальевский графиты.

В графитах разных месторождений чешуйки могут отличаться по своей величине и по отношению ширины к толщине. Эти отличия оказывают существенное влияние на свойства графитов.

У скрытокристаллических графитов кристаллы имеют размеры 0,1—0,01 мкм и меньше. Месторождения скрытокристаллических графитов — ногинское и курейское. По внешнему виду явнокристаллические графиты отличаются металлическим серебристым блеском, жирны на ощупь, скрытокристаллические графиты имеют темный оттенок и обладают гораздо меньшей жирностью.

Натуральный графит обычно добывают из руд путем соответствующей обработки. Графитные руды содержат много минеральных примесей, в том числе слюду, кварц, известковый шпат, силикаты, магний, алюминий. Обработка и обогащение руды производятся на обогатительных графитовых фабриках.

Явнокристаллические графиты можно хорошо отделить от посторонних минералов флотацией даже из руды, содержащей до 3% графита. При этом получают графит зольностью 3—5%.

В рецептуре же отдельных марок металлографитных электрощеток предусмотрено применение графита с зольностью не выше 0,5%. Для получения графита с такой зольностью используют термическое обеззоливание.

Скрытокристаллические графиты с трудом подвергаются обогащению. Поэтому переработке подлежат руды, содержащие не менее 60—70% графита. Такие руды проходят избирательное измельчение с выводом многозольных фракций после каждой стадии измельчения. В результате такого обогащения получают скрытокристаллические графиты с содержанием зольных примесей до 13%.

В табл. 1 приведены характеристики графита для электроугольных изделий в соответствии с ГОСТ 10274—72.

Таблица 1

Свойства графита, применяемого для производства электроугольных изделий

Марка графита	Сорт	Зольность, % (не более)	Содержание, % (не более)			Выход летучих веществ, % (не более)	Тонина помола (остаток) на сетке, % (не более)	
			серы	железа	влаги		0071	0045
ЭУЗ	I	5	0,1	0,15	0,5	0,5	5	25—10
	II	5	0,2	1	0,5	0,9	3	25—10
	III	7	0,2	1	0,5	0,9	3	25—10
ЭУТ	I	2	0,2	0,8	0,5	0,6	2	25—10
	II	5	0,2	1	0,5	0,9	3	25—10
	III	7	0,2	1	0,5	0,9	3	25—10
ЭУН		13	0,3	1,9	1,0	2	3	25—10

В настоящее время для изготовления некоторых видов осветительных углей и других изделий стали применять химически обеззоленный графит марки 2М-Е, который поставляется по техническим условиям ТУ 21-25-2—67. Следует иметь в виду, что замена одного вида графита, без предварительного исследования, в рецептуре на другой недопустима, так как это может привести к изменению характеристик готовых изделий, а также их браку.

Сажа. Из всех марок саж, выпускаемых промышленностью, для производства электроугольных изделий больше всего подходит

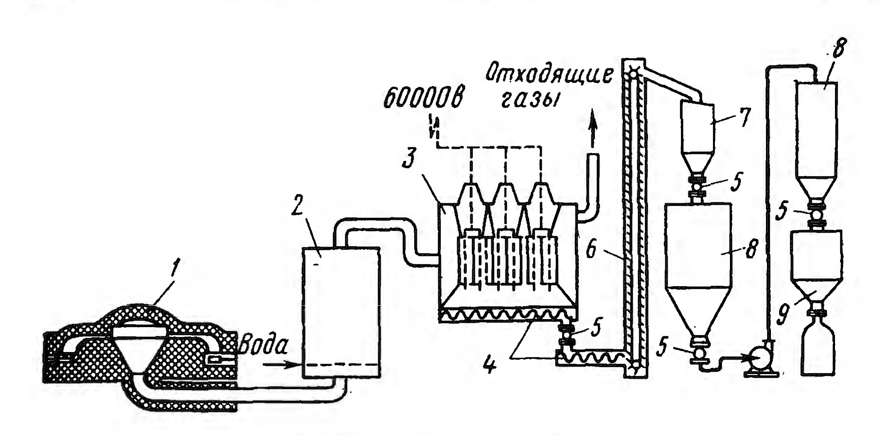


Рис. 4. Схема производства ламповой сажи:
1 — сажекоптильная печь с форсунками, 2 — испарительный холодильник, 3 — электрофильтр, 4 — шнеки, 5 — шлюзовой затвор, 6 — элеватор, 7 — аппарат для отвеивания, 8 — бункера, 9 — упаковочные машины

ламповая, которая применяется для изготовления сажевых электрощеток, осветительных углей и других изделий. Термическая и газовая сажи используются в значительно меньших количествах.

Сажи получают в результате термического разложения в специальных печах газообразных или жидких углеводородов (нефтяного или каменноугольного происхождения) при высоких температурах и неполном доступе воздуха. Сажа является одним из наиболее чистых и высокодисперсных сырьевых материалов, используемых для производства электроугольных изделий. Содержание зольных примесей в сажах не превышает 0,1 %.

Свойства сажи зависят от качества исходного сырья, соотношения сырья и воздуха, направления потока воздуха, поступающего в печь.

Для изготовления ламповой сажи служит каталитический газойль (средние и тяжелые фракции перегонки нефти), а также зеленое масло, являющееся продуктом нефтяного происхождения.

Схема производства ламповой сажи приведена на рис. 4.

Сырье с помощью форсунок распыляется и сжигается в печи при недостаточном доступе воздуха. Температура в печи составляет 1150—1200° С. Полученная сажегазовая смесь направляется в

испарительный холодильник *2* и после охлаждения в электрофильтр *3*, где происходит выделение сажи. Сажа с помощью шнека *4*, элеватора *6* подается в аппарат для отвеивания *7*, а затем в приемные бункера и упаковочные машины.

Ламповая сажа — это очень легкий продукт: 1 м^3 сажи имеет массу 90—140 кг.

Термическую и газовую диффузионную сажу получают разложением, а также сжиганием природного газа без доступа воздуха в специальных печах.

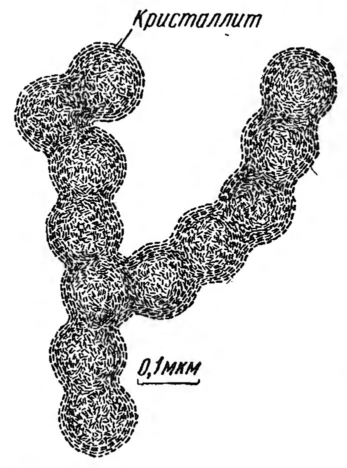


Рис. 5. Схематическое изображение цепочной структуры ламповой сажи

В настоящее время сажи многих марок начинают выпускать в гранулированном виде. Гранулируют сажу таким образом. Ее смешивают с водой и с различными добавками. Смесь загружают в барабаны и обкатывают, одновременно нагревая до температуры ~ 100° С. Обкатку ведут до тех пор, пока сажа не скатается в гранулы размером 1,5—2 мм округлой формы. 1 м^3 гранулированной сажи имеет массу 350 кг.

Сажевые частицы имеют сферическую форму и состоят из большого числа беспорядочно, но компактно расположенных кристаллитов (рис. 5).

Кристаллит состоит из 3—7 параллельно расположенных углеродных шестичленных графитообразных сеток.

У всех типов саж, кроме термической, частицы связаны друг с другом в цепочки. Сажевые цепочки могут, в свою очередь, объединяться и образовывать так называемые вторичные агрегаты. Такая особенность строения называется структурностью сажи.

Первичная сажевая частица имеет почти идеальную сферическую форму. Размер частиц ламповой сажи составляет 160—200 нм (1 нанометр равен одной тысячной доли микрона), термической — 250—300 нм.

При механическом воздействии на ламповую сажу: прессовании, обработке на бегунках, размоле или просто при сильном встряхивании структура ламповой сажи нарушается, при этом она уплотняется. Отмечено, что при интенсивном размоле происходит частичное разрушение сажевых частиц и цепочек.

Технологические свойства сажи зависят от размера частиц, структурности и химической природы их поверхности. Характер химической природы поверхности сажи, определяемой специальными методами, имеет большое значение на ее взаимодействие со связущим и должен учитываться в производстве.

В табл. 2 приводятся свойства ламповой и термической сажи в соответствии с ГОСТ 7885—68 и ТУ 3801521—70.

Таблица 2

Свойства саж

Наименование сажи	Размер частиц, нм	Удельная поверхность, м²/г	Зольность, % (не более)	Насыпная масса, г/л	Впитываемость неполярного керосина, мг/г	Содержание влаги, % (не более)
Ламповая негранулированная	160—200	13—17	0,1	90—120	4,1—5	0,2
Ламповая гранулированная ПМ-15	160—200	12—18	0,2	300	—	0,5
Термическая ТГ-10	250—300	10—15	0,2	300—350	1,42—1,5	0,5

Для обеспечения стабильности свойств ламповой сажи следует получать ее из однородного по своему составу сырья, например, зеленого масла.

Антрацит. Антрацит в производстве электроугольных изделий нашел ограниченное применение и используется исключительно для получения микрофонных порошков.

Антрацит принадлежит к наиболее метаморфизированным ископаемым угля, т. е. древним видам ископаемых и содержание в нем чистого углерода достигает 92—93%, в то время как в более молодых бурых углях его содержание не превышает 70%.

Антрацит обладает большой плотностью (1,55 г/см³) и незначительным выходом летучих.

Из многих марок антрацита наиболее пригоден для получения микрофонных порошков с повышенными акустическими свойствами антрацит марки АК кащеевского пласта шахты № 15 (Донбасс). Он имеет блестящий черный цвет, слоистую структуру, прослойки, состоящие из глинозема и кремнезема. Основные свойства антрацита марки АК следующие: зольность 5,6—6,5%, содержание летучих 2,5, серы 1,4—1,9%, влаги 1,4%, железа 0,3%, плотность 1,55 г/см³.

§ 6. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ПОРОШКИ

Железный порошок. В производстве металлокерамических, конструкционных и антифрикционных изделий используют железный порошок, который получают восстановлением из окислов железа, а также из карбонилов. Для получения железного порошка из окислов железа в качестве исходного сырья применяют прокатную окалину и Криворожскую гематитовую руду-синьку. Окалина содержит 70—75% железа в виде окислов, а руда — 67—68%.

Восстановителем используется термоштыб (коксовая мелочь), нефтяной кокс, сажа или очищенный доменный газ. Чтобы связать серу, являющуюся вредной примесью, в шихту добавляют известняк.

Технологический процесс получения железного порошка следующий. Окалину сначала сушат в барабанной печи при 400—500° С; на магнитных сепараторах отделяют неметаллические включения. Затем ее измельчают на шаровых мельницах до размера зерен 2—3 мм. Дробленую окалину загружают послойно со смесью коксовой мелочи и известняка в керамические тигли. Тигли устанавливают вертикально в обжиговую печь, и зазоры между ними и стыки обмазывают огнеупорной глиной.

Процесс восстановления ведут в обжиговой печи, отапливаемой природным газом при 1000° С с выдержкой при этой температуре 64—72 ч. После обжига печь охлаждают, и из тиглей выгружают восстановленное губчатое железо в виде лепешек толщиной 20—25 мм.

Для получения железного порошка требуемой тонины лепешки дробят, размалывают и просеивают на грохотах с сетками. Порошок, полученный методом восстановления, имеет губчатую структуру. Для изготовления изделий обычно применяют железный порошок с содержанием железа 98—98,5% группы ПЖ1, ПЖ2, мелкий — подгруппы М1, М2, М3.

Получение железного порошка из карбонилов сводится к двум процессам: синтезу пентакарбонила железа и термическому разложению пентакарбонила в аммиачной среде с выделением чистого железа.

Частицы карбонильного железа имеют сферическую форму с луковичной структурой.

Карбонильный железный порошок отличается высокой дисперсностью, чистотой, но стоит он дорого.

Железный порошок поступает в производство в металлических банках весом до 500 кг с плотно закрывающейся крышкой с прокладкой или в полиэтиленовых мешках. Порошок должен храниться в сухом отапливаемом помещении при комнатной тепературе и при отсутствии в атмосфере паров или других веществ, которые могут повлиять на качество порошка и его окисление. Железный порошок не должен иметь комков и влажность его не должна превышать 0,2%. При наличии комков железный порошок следует просеять через сито. Железный порошок склонен к окислению, причем его прессуемость ухудшается, поэтому в производстве металлокерамических изделий железный порошок перед применением восстанавливают путем отжига. Процесс ведут в защитной атмосфере (водороде) при 700—750° С. При этом частично снимается наклеп и происходит восстановление окислов.

Серебряный порошок. Серебро обладает высокой электропроводностью и не образует окисных пленок. Серебряный порошок получают путем электролиза раствора азотнокислого серебра.

В соответствии с ГОСТ 9724—61 выпускают серебряный порошок двух марок ПС1 и ПС2. Цвет серебряного порошка должен быть серовато-белый, хранят его в течение 6 месяцев в герметически закрытой таре.

Никелевый порошок. Никель по сравнению с серебром обладает меньшей электропроводностью, однако, он придает изделиям износоустойчивость и уменьшает склонность их к привариванию.

Никелевый порошок получают электролитическим или карбонильным способом.

В электроугольном производстве применяют преимущественно никелевый электролитический порошок. Такой порошок обладает развитой поверхностью, дендритной формой частиц и хорошей прессуемостью.

При получении никелевого порошка путем электролиза используют аммиачный раствор сернокислого никеля.

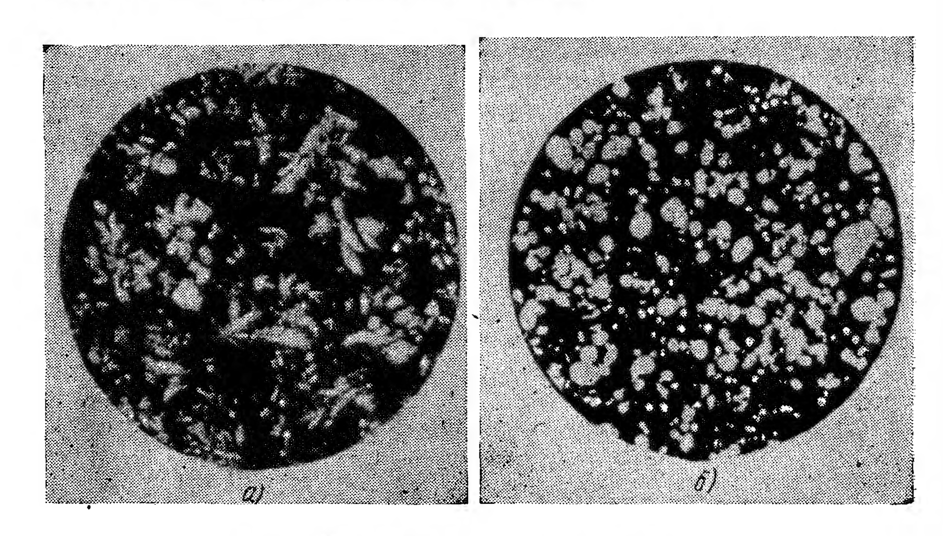


Рис. 6. Микрофотография частиц порошка:
а — медного дендритной структуры (увеличение в 340 раз), *б* — оловянного, полученного распылением жидкого олова (увеличение в 120 раз)

Медный порошок. Медный порошок обладает хорошей электропроводностью, теплопроводностью, текучестью и способностью к прессованию. В то же время медный порошок по сравнению с другими порошками цветных металлов менее дорог. Для производства изделий используют медный электролитический порошок. Его получают из сернокислого раствора сульфата меди электролизом.

Основные этапы производства медного порошка: электролиз порошка, промывка, сушка, размол и классификация, усреднение, упаковка.

Электролиз медного порошка ведут в сернокислых ваннах. В качестве анода применяют высококачественную рафинированную медь марки М0 или М1. Электролит имеет температуру 50—60° С, содержит 25—60 г/л медного купороса и 130—150 г/л серной кислоты. Напряжение на ванны 1,5—3 В, плотность тока порядка 1600 А/м².

Медь в ваннах осаждается на катоде в виде порошка, удаляемого щетками-скребками через каждые 15—20 мин. Затем его промывают подогретой водой, сушат в специальных сушилках до полного удаления влаги. В результате получают медный порошок светло-розового цвета с дендритной формой частиц (рис. 6, *а*). Медный порошок для отделения крупных частиц просеивают. Крупные спекшиеся частицы медного порошка направляют на размол.

Медный порошок склонен к окислению. Окисленный медный порошок имеет повышенное электрическое сопротивление и его очень легко отличить по внешнему виду от неокисленного. Из мед-

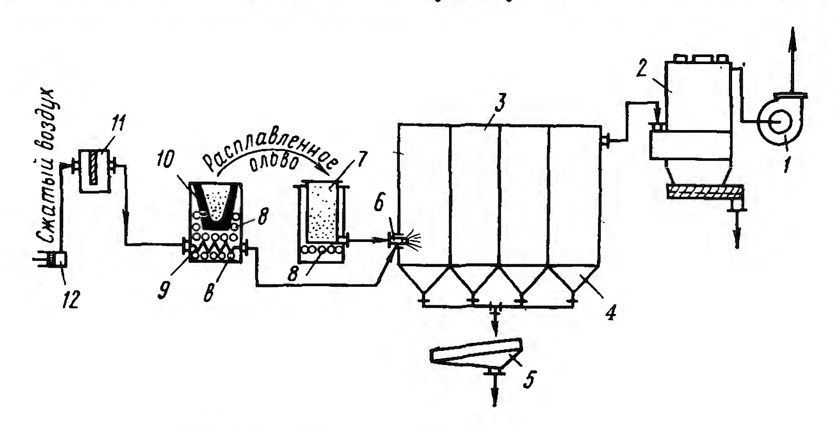


Рис. 7. Схема получения оловянного порошка:

1 — вентилятор, *2* — рукавный фильтр, *3* — камеры осаждения, *4* — приемные бункера, *5* — сита, *6* — пневматическая форсунка, *7* — расходный котел, *8* — электроподогрев, *9* — подогреватель воздуха, *10* — графитовый тигель, *11* — фильтр воздуха, *12* — компрессор

но-розового цвета порошок при окислении становится сначала красноватым, а затем приобретает коричневый оттенок и превращается в темно-коричневый. Чтобы предохранить от окисления, его промывают раствором жидкого калиевого (хозяйственного) мыла из расчета 0,4 кг мыла на 1 м^3 воды. После такой обработки на поверхности частиц порошка образуются тончайшие стабилизирующие пленки мыла, предохраняющие его от окисляющего воздействия влаги воздуха. Медный порошок, подвергнутый такой обработке, называют стабилизированным.

Срок годности нестабилизированного медного порошка 1,5—2 месяца с момента упаковки, а стабилизированного до 6 месяцев. Поэтому медный порошок следует хранить в закрытой таре, на сухих складах при температуре не выше 20° С.

Оловянный порошок. Оловянный порошок марки ПО применяют для изготовления металлографитных электрощеток, а также бронзо-графитных втулок.

Порошок получают методом распыления расплавленного олова в виде частиц по форме, близких к сферической (рис. 6, *б*). Схема установки для получения оловянного порошка приведена на рис. 7.

Таблица 3

Основные характеристики металлических порошков

Наименование порошка (ГОСТ или ВТУ)	Метод получения	Марка порошка	Содержание основного металла, %	Насыпная масса, г/см	Форма частиц	Средний размер частиц, мкм
Железный, ГОСТ 9849—61	Восстановление	ПЖ1, М1, М2 ПЖ2, М1, М2, М3	98,5 98,0	1,8—2,5 1,8—3,0	Осколочная	10—60 20—100
Железный, ВТУ ЕУ-185—60	Карбонильный	ЖКО1—А2	99,8	1,8—2	Сферическая	0,1—10
Медный, ГОСТ 4960—68	Электролиз	ПМА ПМ, ПМС-1 ПМС-2	99,5 99,5 99,5	1,25—1,45 1,2—2,2 1,2—2,2	Дендритная	10—45 10—45 10—40
Оловянный, ГОСТ 9723—61	Распыление	ПО	99,5	3,2—3,8	Каплевидная	40—50
Свинцовый, МТУ 4452—54	Распыление	ПСА	99,65	5,4—5,7	Каплевидная	40—50
Серебряный, ГОСТ 9724—61	Электролиз	ПС1, ПС2	99,9	1,8—2,2	Дендритная	10—40

Примечание: Медный порошок марок ПМА, ПМ нестабилизированный, марок ПМС-1, ПМС-2 стабилизированный. Ситовые составы металлических порошков должны соответствовать нормам ТУ или ГОСТа.

Оловянный порошок склонен к окислению, поэтому его нельзя хранить более 6 месяцев с момента его производства.

Оловянный порошок рекомендуется хранить в отапливаемых складах при $+15 \div 20^\circ$ C; при более низких температурах олово может превратиться в «серое» олово, а при -33° C этот процесс резко возрастает (явление «оловянной чумы»). Содержание примесей в нем не должно превышать 1%.

Свинцовый порошок. Свинцовый порошок марки ПСА применяют для изготовления металлографитных электрощеток.

Свинцовый порошок получают как и оловянный, методом распыления металла (см. рис. 7).

Свинцовый порошок склонен к окислению, при этом он приобретает черный цвет и комкуется.

Дисульфид молибдена. Дисульфид молибдена MoS_2 применяют в качестве смазывающей добавки в электрощетки для уменьшения трения. Кристаллическая решетка дисульфида молибдена, подобно графиту, имеет слоистое строение. В отличие от графита дисульфид молибдена не обладает электропроводностью; он термически стоек в атмосферных условиях до 400° С. В противоположность графиту в условиях глубокого вакуума MoS_2 не теряет своих смазывающих свойств, однако плохо работает в условиях влажного воздуха.

Дисульфид молибдена получают из природного минерала молибденита. Молибденит для удаления примесей, в том числе кварца, подвергают сложной очистке.

Молибденовый концентрат марок МВЧ-Ф и МВЧ-Г поставляют в соответствии с техническими условиями; содержание в них дисульфида молибдена должно быть не менее 98,5 и 99,5%.

Характеристика металлических порошков приведена в табл. 3.

§ 7. СВЯЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА И РАСТВОРИТЕЛИ

В производстве электроугольных материалов в качестве связующих применяют каменноугольную смолу, каменноугольный пек, бакелитовый лак, пульвербакелит. Растворителями связующих веществ служат каменноугольное масло, бензол, этиловый спирт.

Качество связующих определяют многие физико-химические и механические свойства готовых изделий.

Каменноугольная смола. Каменноугольную смолу получают при коксовании каменного угля без доступа воздуха. Она выделяется из коксового газа, образующегося в процессе коксования. Выход и состав смолы зависят от природы углей, условий их коксования, типа печей и других факторов.

Обычно процесс коксования протекает при температуре порядка 900—1050° С. Выход каменноугольной смолы составляет в среднем 3% от количества скоксованного угля.

Каменноугольная смола представляет собой вязкую жидкость черного цвета с характерным фенольным запахом, плотностью 1,12—1,22 г/см³ и с большим содержанием воды.

Каменноугольная смола по своему составу является сложной смесью различных соединений, главными из которых являются ароматические. Из смолы получено более 400 различных химических соединений. Соединения смолы состоят в основном из пяти элементов: углерода 91,2%, водорода 5,4%, кислорода 1,3%, азота 1,8%, серы 0,3%. В безводной смоле содержится от 5 до 12% нафталина. Нафталин является нежелательной составной частью смолы, так как он снижает прочность изделий.

К важнейшим характеристикам каменноугольной смолы относятся: плотность (удельный вес), выход кокса, вязкость, содержание нафталина и свободного углерода. Качество каменноугольной смолы оценивают путем разгонки ее на фракции в определенных температурных интервалах, которую производят в металлической колбе с дефлегматором.

Свойства каменноугольной смолы должны соответствовать ГОСТ 4492—65.

Каменноугольная смола поступает на заводы в цистернах, из которых она сливается в хранилища.

Каменноугольный пек. Каменноугольный пек является остатком от перегонки каменноугольной смолы. Он представляет собой твердую хрупкую массу с раковистым изломом, иногда блестящего черного цвета. Химический состав пека мало изучен.

Пек не имеет определенной температуры плавления (например, как лёд), а переход его из жидкого состояния в твердое и наоборот происходит в некотором интервале температур. Поэтому пек характеризуют условной температурой размягчения, которую определяют по методу Кремера — Сарнова «кольцо и шар», а также по методу «кольцо и стержень» для высокоплавких сортов.

Наиболее важными характеристиками каменноугольного пека как связующего являются: температура размягчения, выход кокса, вязкость, плотность, а также его групповой состав.

Температура размягчения пека зависит от его состава. Общий выход кокса характеризует цементирующую способность пека и позволяет судить о количестве связующего, необходимого для введения в смесь.

Вязкость определяет текучесть или подвижность пека при данной температуре. С повышением температуры нагрева вязкость пеков снижается и увеличивается их текучесть.

Вязкость пека тесно связана с другими его характеристиками: температурой размягчения, содержанием летучих, химическим составом.

Групповой состав пеков определяют путем последовательной обработки его растворителями, в качестве которых применяют петролейный эфир, бензин, а также бензол. В результате такой обработки из пеков выделяют три фракции: мальтены или γ-фракция, асфальтены или β-фракция, свободный углерод (карбоиды) или α-фракция. Количество и соотношение указанных фракций тесно связано со свойствами пеков. Роль каждой из указанных фракций различна.

Мальтены почти не участвуют в образовании кокса. Они являются растворителями компонентов пека и их главная функция заключается в пластифицирующем действии. Они придают подвижность связующему в смесях при перемешивании и прессовании.

Асфальтены как наиболее активная часть пека участвуют в процессе образования кокса. Увеличение содержания асфальтенов в пеке улучшает их связующие свойства, повышает механические характеристики готовых изделий.

Установлено, что свободный углерод (нерастворимый остаток) оказывает существенное влияние на качественные характеристики изделий, повышая их механические свойства. Он должен содержаться в пеке в определенных пределах.

В зависимости от конечной температуры перегонки смолы получают пеки с различной температурой размягчения.

Различают четыре вида пеков, которые применяют в качестве связующих для производства электроугольных изделий и электродов: 1) мягкий пек (или уваренная смола) с температурой размягчения 40—50° С; 2) средний пек с температурой размягчения 65—70° С; 3) твердый пек с температурой размягчения 85—100° С; 4) высокоплавкий пек с температурой размягчения 120—150° С. Приведенная классификация является условной, так как имеется большое количество пеков с промежуточными характеристиками.

Мягкий и средний пек применяют уже давно для изготовления разнообразных электроугольных изделий. Мягкий пек обычно получают непосредственно на электроугольных заводах путем дальнейшей отгонки части тяжелых фракций из смолы. Средний пек электроугольные заводы получают с коксохимических заводов в готовом виде; его свойства должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в ГОСТ 10200—62.

В практике производства электрощеток стал все шире применяться высокоплавкий или высокотемпературный пек. Технология получения таких пеков разработана и внедрена на многих коксохимических заводах. В основу его получения положен метод окисления средних пеков путем продувки воздуха через расплавленный пек. Процесс ведут на установках периодического и непрерывного (рис. 8) действия.

В табл. 4 приведены сравнительные свойства различных видов пеков, применяемых для изготовления электроугольных изделий, в том числе высокоплавкого.

Нефтяной пек. В настоящее время нефтяной пек стал применяться при изготовлении электроугольных изделий. Из нефтяных пеков наиболее перспективным является пиролизный.

Пиролизный пек получают при пиролизе нефтепродуктов.

Бакелитовый лак. Бакелитовый лак применяют в качестве связующего при изготовлении электрощеток, фитилей и цементирующих паст, а также для пропитки изделий.

Бакелитовый лак представляет собой 50—60%-ный раствор в этиловом спирте резольной смолы, получаемой на основе фенола.

Свойства бакелитового лака должны соответствовать показателям, приведенным в ГОСТ 901—56.

При длительном хранении (свыше 6 месяцев) под действием протекающих процессов поликонденсации увеличивается вязкость лака, поэтому его рекомендуется применять свежеприготовленным.

Пульвербакелит. Пульвербакелиты служат в качестве связующих при изготовлении высокоомных электрощеток. Пульвербакелит

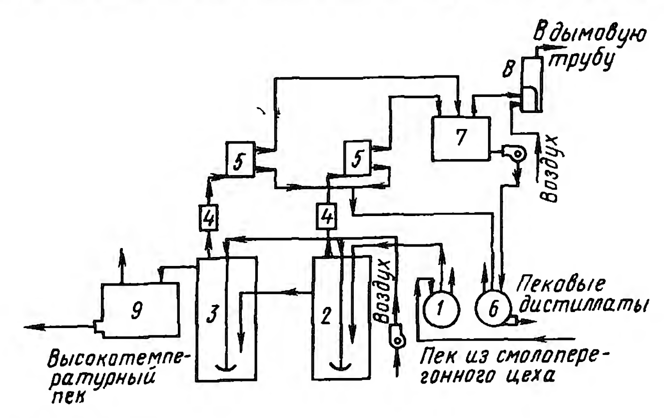


Рис. 8. Схема установки для непрерывного получения высокотемпературного пека:

1 — приемник среднего пека, 2, 3 — кубы-реакторы, 4 — отбойные колонки, 5 — конденсаторы-холодильники, 6 — сборник пековых дистиллатов, 7 — приемник пековых дистиллатов (с естественным охлаждением), 8 — печь для сжигания отработанного воздуха, 9 — приемник высокотемпературного пека

представляет собой смесь новолачной фенолоформальдегидной смолы с уротропином. Он выпускается в виде порошка с размером частиц 0,1 мм. Свойства пульвербакелита должны соответствовать показателям ГОСТ 3552—63.

Таблица 4

Свойства пеков

Виды пека	Температура размягчения, °C	Выход кокса, %	Содержание свободного углерода, %	Выход летучих, %	Плотность, г/см³	Содержание серы, % (не более)
Мягкий (уваренная смола)	40—50	25 (не менее)	20 (не более)	75 (не более)	1,18—1,22	0,8
Средний	65—75	35—40	20—28	60—65	1,24—1,26	0,82
Твердый	85—100	40—45	30—35	50—65	1,28—1,3	0,81
Высокоплавкий	120—150	52—55	40—48	43—47	1,32—1,34	0,84
Нефтяной пиролизный	85—95	50—56	20—25	55—60	1,26	1

Каменноугольное масло. Каменноугольное масло является продуктом переработки фракций, получаемых при разгонке каменноугольной смолы. Оно представляет собой смесь фильтрованного антраценового и легких каменноугольных масел с плотностью 1,02—1,15 г/см³. Каменноугольное масло применяют в качестве растворителя с целью снижения температуры размягчения и вязкости каменноугольного пека. Количество масла, добавляемого к пеку, обычно не превышает 10%. Качество каменноугольного масла должно соответствовать ГОСТ 2770—59.

Бензол. Бензол применяют в качестве растворителя уваренной каменноугольной смолы, однако из-за токсичности и взрывоопасности обращаться с ним следует очень осторожно. Бензол извлекают из коксового газа, причем содержание в чистом продукте составляет 99,6—99,7%. Качество бензола должно соответствовать ГОСТ 8448—61.

Этиловый спирт. Этиловый спирт служит растворителем бакелитового лака; он пожаро- и взрывоопасен. Свойства его должны соответствовать ГОСТ 5962—67.

Поливиниловый спирт. Поливиниловый спирт представляет собой белый порошок без запаха, который при нагревании размягчается. Он обладает высокими адгезионными свойствами, и его водяной раствор используется в качестве пленкообразующего вещества в производстве электрометаллокерамических изделий при гранулировании порошковых материалов.

Технический поливиниловый спирт получают частичным омылением полимера винилацетата. От степени омыления зависит растворимость поливинилового спирта в воде. Так, например, при содержании в спирте менее 50% ацетильных групп он растворяется; для быстрого растворения воду подогревают. Свойства поливинилового спирта должны соответствовать ГОСТ 10779—69.

§ 8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Поступающие в производство сырьевые материалы подвергают контролю. Контроль осуществляется заводскими отделами технического контроля (ОТК).

Чтобы определить качество поступающего в производство сырья, от него отбирают пробу. При отборе проб от порошковых материалов (сажи, графита) партию делят примерно на равные части (2, 4, 6, 8 и т. д.) и из каждой части отбирают среднюю пробу. Если материал поступает в таре, то пробу берут с помощью щупа снизу, с середины и сверху мешка, банки или ящика. Пробу порошка перемешивают, берут из нее 100—120 г и направляют вместе с нарядом (в котором указывают параметры контроля) в лабораторию для анализа.

Результаты анализа лаборатория сообщает ОТК завода, который принимает решение о пригодности поступающего сырья. На годную партию цеху выдается паспорт или разрешение на использование.

Если необходимо сделать анализ кусковых материалов или смесей, то отбирают из разных участков куски или пластины, которые затем дробят в ступке, а измельченный материал перемешивают. Затем его квартуют, и из каждой части берут пробу и направляют для анализа в лабораторию.

Пробы жидких связующих и растворителей отбирают из аппаратов или бочек специальными пробоотборниками, причем до отбора проб жидкий материал тщательно перемешивают.

В зависимости от вида сырьевых материалов производится тот или иной анализ. У твердых материалов определяют содержание влаги, золы, ситовой состав, насыпную массу, выход летучих, химический состав и другие показатели. У связующих контролируют температуру размягчения, вязкость, выход кокса и летучих, содержание веществ, нерастворимых в толуоле, и другие показатели. Перечень показателей, по которым необходимо контролировать сырье, указан в соответствующих инструкциях и технических условиях на поставляемое сырье.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении и основных требованиях, предъявляемых к качеству сырьевых материалов.
2. Что собой представляют нефтяные и пековые коксы и каковы методы их получения?
3. Какими основными свойствами обладают натуральные графиты и какие применяют методы их обогащения?
4. Расскажите о свойствах и методе получения ламповой сажи.
5. Перечислите основные свойства и охарактеризуйте методы получения медного, оловянного, свинцового и других металлических порошков.
6. Назовите связующие, применяемые в электроугольном производстве. Каковы методы их получения и основные свойства?
7. Расскажите о контроле сырьевых материалов.

ГЛАВА III

ПОДГОТОВКА СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Каждый вид поступающего в производство сырья нуждается в соответствующей предварительной подготовке.

Кусковые материалы, например, нефтяные и пековые коксы, сортируют по партиям (рис. 9), затем дробят на крупные куски на зубчатых дробилках *2*, после этого на щековых дробилках *3* до кусков размером 40—50 мм. Образующуюся мелочь отсеивают на грохоте *4*. Дробленые коксы прокаливают в прокалочных печах *8*, затем охлаждают в охлаждающих барабанах и направляют на предварительное дробление на молотковые дробилки *12*, а потом на размол в мельничные агрегаты *13*. Полученные в результате размола порошки усредняют в смесовых барабанах *14*.

Порошки графита, сажи, металлические и другие виды просеивают для отделения случайно попавших крупных кусков или образовавшихся при транспортировке комков, а затем усредняют.

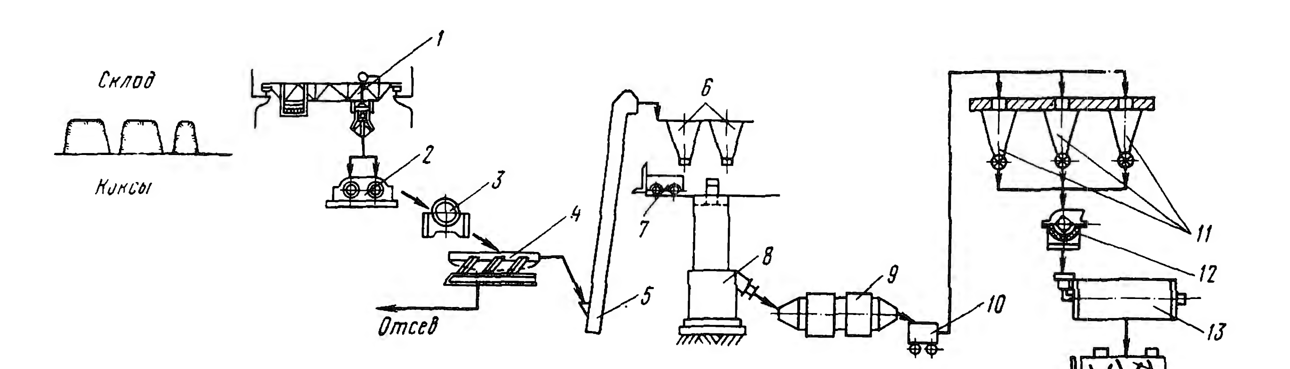


Рис. 9. Технологическая схема подготовки нефтяного и пекового кокса:

1 — кран, *2* — зубчатая дробилка для крупного дробления, *3* — щековая дробилка, *4* — грохот, *5* — подъемник, *6* — бункера, *7* — тележка, *8* — прокалочная печь, *9* — охлаждающий барабан, *10* — тележка, *11* — бункера для кокса, *12* — молотковая дробилка, *13* — мельница с воздушной сепарацией, *14* — смесовой барабан

Каменноугольная смола и пек также проходят предварительную подготовку; смолу подвергают обезвоживанию и дистилляции, пек дробят или плавят, а затем приготовляют смеси смолы с пеком или пека с антраценовым маслом. Все многообразие подготовительных операций, которым подвергают сырьевые материалы, зависит от вида сырья и предъявляемых к нему технических требований.

§ 9. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ПРОКАЛИВАНИИ КОКСОВ

В производстве электроугольных изделий прокаливанию подвергают нефтяные и пековые коксы, а также в небольшом количестве антрацит, применяемый для микрофонных порошков.

Цель прокаливания коксов состоит в том, чтобы путем их нагрева до высоких температур без доступа воздуха снизить содержание летучих веществ, удалить влагу, повысить их плотность. В результате прокаливания повышается стабильность их физико-химических свойств.

Прокаливание коксов производят в прокалочных печах при 1200—1300° С. Применение прокаленных коксов позволяет регулировать величину усадки изделий в процессе обжига и уменьшает опасность образования в них трещин.

При прокаливании нефтяных коксов, содержащих значительное количество неразложившихся смолистых веществ, происходит выделение влаги и летучих веществ в виде углеводородов, которые по мере подъема температуры подвергаются разложению с выделением преимущественно водорода и углерода.

Выделяющийся углерод отлагается на поверхности и в порах кокса и уплотняет его. Его называют вторичным коксом. Помимо водорода в процессе прокаливания коксов выделяются окись и двуокись углерода, метан и другие газы. В результате прокаливания происходит усадка и уплотнение коксов, увеличивается их общая пористость, повышается электропроводность и механическая прочность, изменяется химический состав (табл. 5).

В процессе прокаливания нефтяных коксов в интервале 150—200° С уже наблюдается выделение адсорбированных на поверхности газов.

С ростом температуры прокаливания объем выделения летучих веществ возрастает, он максимален при 500—700° С. Выше 700° С выделение летучих веществ заметно уменьшается и практически заканчивается в интервале 1100—1200° С.

Выход летучих веществ у нефтяных коксов, подвергшихся прокаливанию, уменьшается с 3—4% до среднего значения 0,5%, содержание углерода увеличивается с 92,5 до 99,2% (табл. 5).

Аналогичные изменения наблюдаются при прокаливании пекового кокса, хотя характер их менее значителен, поскольку пековый кокс в отличие от нефтяного получается при температуре около 1000° С (см. гл. II).

Таблица 5

Свойства крекингового сырого и прокалённого нефтяных коксов

Наименование нефтяных коксов	Зольность, %	Содержание серы, %	Выход летучих, %	Пористость, %	Истираемость, %	Содержание углерода, %	Содержание водорода, %	Удельное электрическое сопротивление, Ом·мм²/м	Пикнометрическая плотность (истинный удельный вес), г/см³
Крекинговый сырой	0,40—0,5	0,45—0,5	3,0—4,0	40—42	8—7,5	92,5—93,0	2,8	≫100 000	1,40—1,42
Крекинговый прокаленный (1300° С)...	0,45—0,6	0,90—0,25	0,5—0,8	50—51	4—3,5	97,0—99,2	0,4	380—400	1,98—2,08

Усадка нефтяного крекингового кокса при прокаливании составляет 20—25%, пиролизного 13—14%, а пекового ~4%. С ростом усадки происходит увеличение пикнометрической плотности (истинного удельного веса): нефтяных коксов с 1,40 до 2,1 г/см³; пековых с 1,9 до 2,06 г/см³.

§ 10. ПРОКАЛОЧНЫЕ ПЕЧИ, КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАЛИВАНИЯ

В электроугольном производстве нашли применение электрические прокалочные и ретортные печи.

Электрическая прокалочная печь. Действие электрической прокалочной печи непрерывного действия основано на том, что электрический ток проходит через загруженный в печь кокс, выполняющий роль сопротивления, и разогревает его до температуры прокаливания порядка 1300° С.

Электрическая печь (рис. 10) имеет наружный металлический кожух *9*, внутри которого выложена футеровка из шамотного кирпича *15*, образующая вертикальную шахту. Между кирпичом и кожухом проложен изолирующий слой асбеста *10*. Общая толщина стенок шахты составляет 350 мм. В нижней части шахты из углеродистой массы (смесь антрацита и кокса со связующим) устроена подина *16* конической формы, в центре которой вставлена карборундовая воронка *8* и спускной желоб *6*, оканчивающийся металлической спускной трубой из жаропрочной стали *5* с водяным охлаждением.

В подину заделаны металлические пластины-ножи *7* в количестве 24 шт., приваренные к стальному кожуху *9* и служащие для подвода тока к коксу.

В верхней части подвешен электрододержатель *13*, в котором зажат цилиндрический электрод *12*. Электрический ток к электрододержателю и электроду поступает по гибким медным шинам *11* и ножам *7*

Прокалочная печь питается однофазным переменным током от стационарного

печного трансформатора мощностью 250 ква; напряжение на высокой стороне 6 кв (рис. 11), а на низкой стороне его имеется 5 ступеней напряжения: 1 ступень — 44; 2 ступень — 48; 3 ступень — 52; 4 ступень — 56; 5 ступень — 60 В.

Подлежащий прокалке дробленый кокс подается с помощью элеватора или подъемника в приемный бункер, установленный вверху около прокалочной печи, а из него с помощью тележки (см.

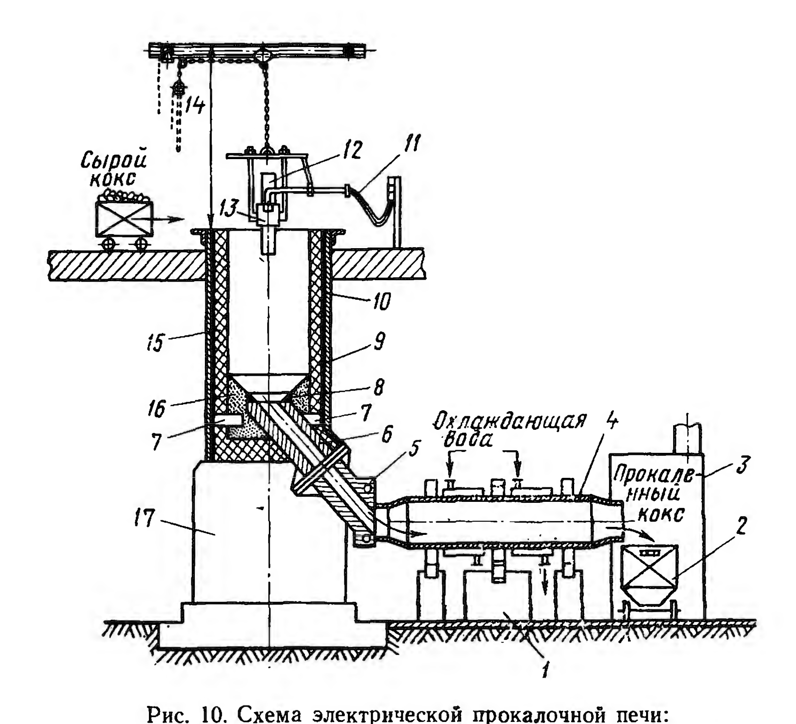


Рис. 10. Схема электрической прокалочной печи:

1 — опора, *2* — тележка, *3* — укрытие, *4* — охлаждающий барабан, *5* — спускная труба, *6* — желоб, *7* — металлический нож, *8* — карборундовая воронка, *9* — стальной кожух, *10* — асбестовая прокладка, *11* — медная шина, *12* — угольный электрод, *13* — электрододержатель, *14* — электролебедка, *15* — футеровка, *16* — набивная подина, *17* — фундамент печи

рис. 9) загружается в прокалочную печь. Процесс прокаливания кокса слагается из двух периодов: начального, когда печь разогревается после длительного ремонта или остановки, и установившегося, когда печь вошла в режим и непрерывно выдает прокаленный кокс требуемого качества.

В начальный период разогрева печи кокс загружают в печь только на $^2/_3$ высоты шахты. Для периода разогрева целесообразно использовать уже прокаленные нефтяной или пековой коксы, обладающие хорошей электропроводностью.

В процессе загрузки кокс с помощью шуровки уплотняют во избежание образования пустот. После загрузки кокса с помощью

лебедки *14* (см. рис. 10) опускают электрод. По сигналу прокальщика дежурный электромонтер на подстанции переключает трансформатор на 1 ступень, т. е. на самое низкое напряжение — 44 В.

Ток, проходя через кокс, постепенно разогревает его, причем по мере разогрева кокса сопротивление его падает, а ток возрастает. Когда сила тока достигнет около 3000 А, в печь загружают дополнительно 250—300 кг кокса и одновременно поднимают электрод, но так, чтобы контакт не нарушался. Таких подгрузок делают около 5—6 до тех пор, пока печь доверху не заполнится коксом. На эту операцию с начала подключения затрачивается от 24 до 30 ч. За это время печь успевает разогреться до необходимой температуры. Ориентировочный расход электроэнергии на разогрев печи с пековым коксом составляет 2400, а нефтяным около 3000 кВт/ч. Когда печь заполнена полностью и разогрев печи закончен, начинают выгрузку материала через спускную трубу, а сверху догружают ее, но уже непрокаленным коксом и переводят на нормальное напряжение 48—52 В.

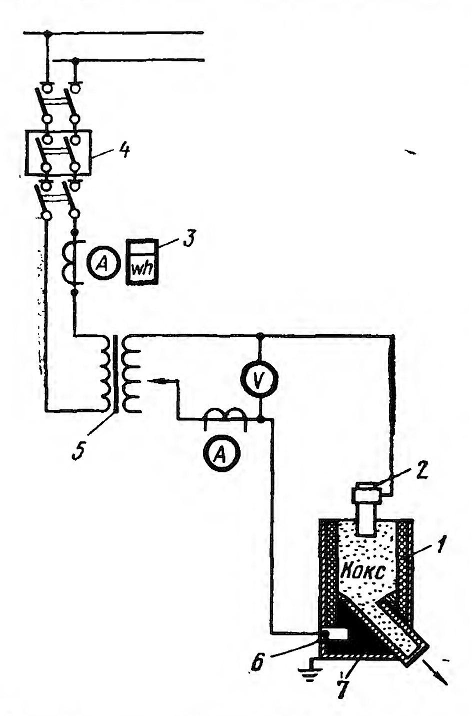


Рис. 11. Электрическая схема прокалочной печи:

1 — печь, *2* — электрод, *3* — счетчик энергии, *4* — выключатель, *5* — печной трансформатор ЭТМ 350/6 230 кВА с пятью ступенями напряжения, *6* — нож, *7* — набивная подина

В зависимости от вида кокса и требуемой плотности мастером составляется график расхода электрической энергии на каждую выгружаемую порцию готового материала. При установившемся режиме работы печи расход электроэнергии на прокаливание 1 т кокса составляет 600—700 кВт/ч. Если производительность печи низка, трансформатор переключают на более высокое напряжение 56—60 В, при перегреве материала его переключают на низкую ступень. Во время работы печи ведут рабочий журнал, куда записываются все данные о выгрузке кокса и расходе электроэнергии.

В процессе прокаливания необходимо следить за равномерным сходом кокса, разравнивать его по всей площади печи и подгружать под электрод, чтобы избежать неравномерного обгара. Если обнаружен неравномерный обгар, электрод следует своевременно подрубить и обеспечить равномерный и плотный контакт с коксом.

Электрод должен быть погружен в прокаливаемый кокс на глубину 150—200 мм, при этом устанавливается оптимальный режим прокаливания. При более глубоком погружении электрода расход электроэнергии быстро растет и печь работает нерационально. Если по какой-либо причине подача электроэнергии прекратится, то кокс выгружают до тех пор, пока его качество соответствует техническим условиям; при отклонении выгрузку прекращают до возобновления подачи энергии и начала работы печи по заданному режиму.

Прокаленный кокс из печи выгружается 5—6 раз в смену: выгружаемая порция (по объему приемной тележки) составляет около 200—250 кг. Для выгрузки открывают на спускной трубе шибер и кокс спускается в охлаждающий барабан (см. рис. 10). Во вращающемся барабане, который орошается водой, кокс продвигается по его длине и, охлаждаясь до температуры 60—80° С, попадает в приемную тележку.

Основными показателями правильности ведения процесса прокалки являются значения плотности коксов, содержание в них зольных примесей; в некоторых случаях измеряют удельное электрическое сопротивление. У пековых коксов дополнительно определяют содержание железа. Эти величины должны соответствовать нормам, указанным в технических условиях на прокаленные пековые и нефтяные коксы.

В процессе прокалки коксов в электрических печах контролируют расход электрической энергии на тонну готового продукта, записывают показания приборов, температуру охлажденного кокса, следят за равномерным обгаром электродов.

К числу крупных недостатков указанной печи относятся: неравномерность прокаливания материала, наличие значительного угара, достигающего 10%. Кроме этого, вблизи подины образуются застойные зоны, в которых кокс перегревается и частично графитируется.

Ретортная печь. Ретортные печи по сравнению с электрическими обеспечивают более высокое качество прокаливания кокса и позволяют получать его с более однородными свойствами.

Особенность работы этих печей состоит в том, что нагрев и прокаливание кокса происходит в них через стенки реторт, обогреваемые дымовыми газами. Это позволяет обеспечить более постоянный и равномерный температурный режим прокаливания.

Обычно количество реторт в таких печах кратно четырем; каждые четыре реторты составляют секцию. В печах может быть до пяти и более секций.

На рис. 12 приведена конструкция противоточной печи завода «Прожекторные угли», состоящая из четырех реторт. Производительность печи 400—600 кг/ч. Печь состоит из вертикальных реторт, в которых происходит прокаливание коксов. Реторты *1* выложены фасонным динасовым кирпичом. Высота реторт 5,3 м; в сечении они представляют собой прямоугольник со скошенными углами размером 260×1600 мм.

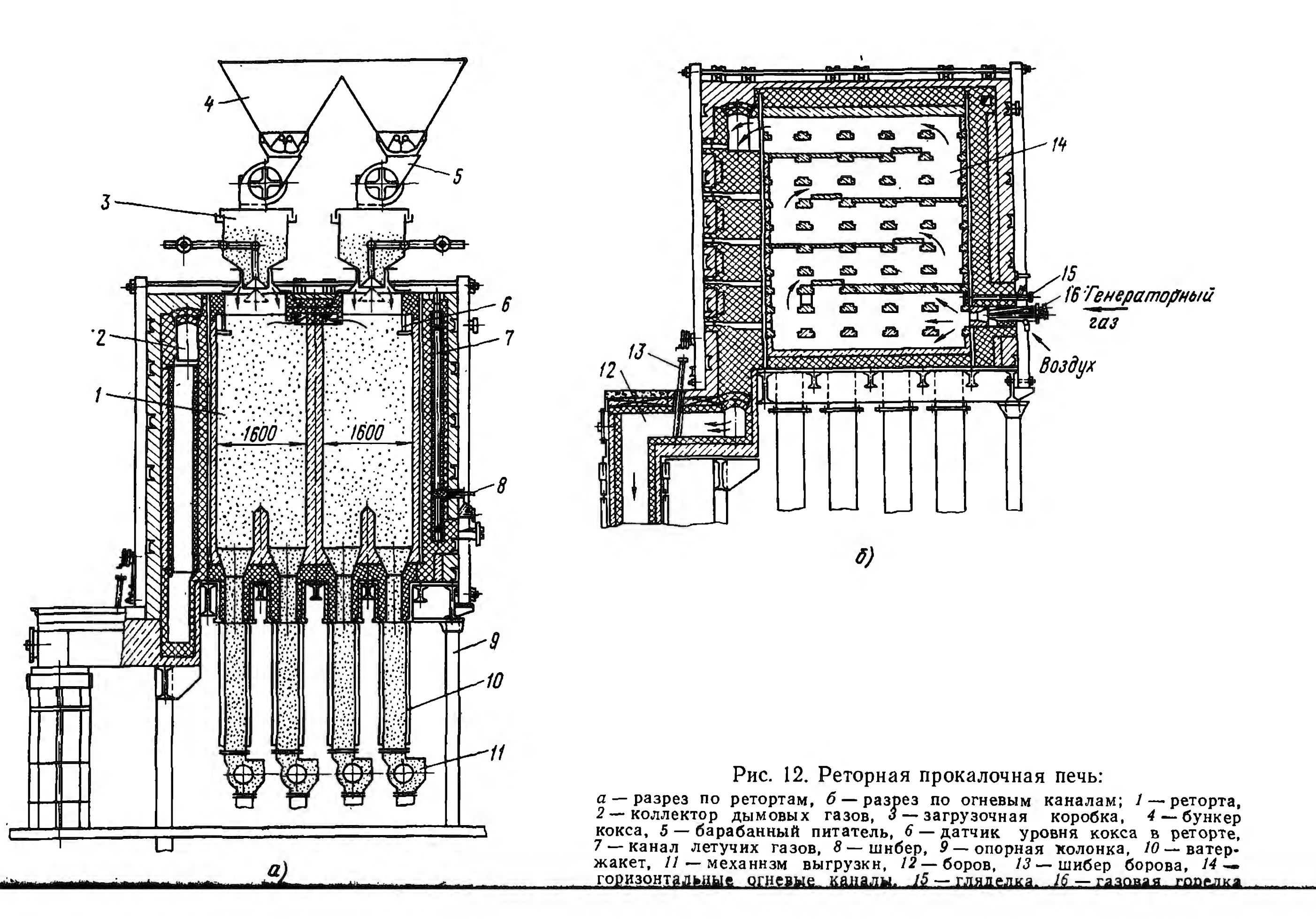


Рис. 12. Реторная прокалочная печь:

а — разрез по ретортам, *б* — разрез по огневым каналам; *1* — реторта, *2* — коллектор дымовых газов, *3* — загрузочная коробка, *4* — бункер кокса, *5* — барабанный питатель, *6* — датчик уровня кокса в реторте, *7* — канал летучих газов, *8* — шибер, *9* — опорная колонка, *10* — ватер-жакет, *11* — механизм выгрузки, *12* — боров, *13* — шибер борова, *14* — горизонтальные огневые каналы, *15* — гляделка, *16* — газовая горелка

Каждая реторта имеет с двух сторон огневые каналы *14* для обогрева с горизонтальными стенками, которые создают зигзагообразное направление для движения топочных газов.

В нижней части каналов расположены горелки *16* для сжигания природного газа, а также частично летучих, которые выделяются из кокса во время прокалки. К горелкам для сжигания газа с помощью дутьевого вентилятора подводится воздух. В большинстве современных прокалочных ретортных печей этот воздух подогревается в рекуператорах отходящими дымовыми газами. Рассматриваемая печь таких устройств не имеет.

Образующиеся при сжигании внизу реторт газы поднимаются вверх, собираются в общий коллектор *2* и направляются через боров в дымовую трубу. В этих печах обогревающие газы движутся навстречу опускающемуся вниз прокаливаемому коксу. Такой противоток обеспечивает прокалку кокса до высоких температур, так как наиболее нагретые топочные газы встречают на выходе из реторты разогретый кокс.

В верхней части печи имеется загрузочное устройство с колокольным затвором для кокса. В нижней части каждой реторты находится по два ватер-жакета для охлаждения прокаленного кокса. В карманах ватер-жакета циркулирует холодная вода.

Печь снабжена системой газопроводов с распределительной арматурой и регулирующими устройствами для подачи на горелки газа, воздуха, продуктов газовыделения из кокса. Для регулирования тяги на выходе из сборника накала имеется шибер *13*.

Дробленый непрокаленный кокс кусками размером 40 мм загружают в приемный бункер *4*, откуда с помощью стокерного питателя подается через загрузочное устройство в реторту. Уровень кокса в реторте должен быть в пределах 1500—1700 мм от уровня колокольного затвора. Температуру обогреваемых каналов реторт на высоте следует поддерживать: в верхней части 900—1000, в средней — 1150—1180, в нижней — 1200—1250° С. Температура факелов горелок, замеряемая оптическим пирометром, должна быть 1300—1400° С. При этих условиях обеспечивается наиболее полное сгорание газа.

Тяговый режим в печи должен быть таким, чтобы за шибером разрежение было в пределах 3—4 мм вод. ст. В самих ретортах во избежание подсоса воздуха и обеспечения поступления летучих к горелкам избыточное давление в верхней части реторт составляет 1—2 мм вод. ст. Давление это поддерживается путем регулирования разрежения в печи.

Для обеспечения нормального режима сгорания давление газа на горелках должно быть 480—500 мм вод. ст., а воздуха, подаваемого дутьевым вентилятором в горелку, — не ниже 60 мм вод. ст.

Выгрузка прокаленного кокса из реторт производится непрерывно, причем его температура после выхода из ватер-жакета должна быть не выше 100° С, а температура охлаждающей воды на выходе — не выше 80—90° С.

Оператор загружает в печь кокс через каждые 20—30 мин. Загрузку производят только при закрытом колокольном клапане, т. е. загружают стокерный питатель *3* коксом из основного верхнего бункера *4*, затем открывают крышку загрузочного устройства и засыпают в него кокс, крышку плотно закрывают и опускают колокольный клапан вниз. После выгрузки кокса следует закрыть клапан и проверить плотность его прилегания: при необходимости прошуровать кокс через люк загрузочного устройства. После этой операции следует проверить плотность песчаных затворов, не допуская прорыва наружу из реторт летучих.

В процессе прокалки надо следить за непрерывной работой золотниковых питателей, установленных на выгрузке, приемного транспортера, а также за нормальным опусканием из реторты кокса.

При опускании прокаленного кокса из реторты в ватер-жакет температура охлаждающей воды в нем повышается на 5—10° С, что фиксируется прибором.

Если по какой-либо причине подача коксов в печь прекратится, температуру ее следует снизить на 150—200° С от допустимой.

При отключении газа срочно закрывают вентили подачи газа и воздуха на газовые горелки, прикрывают тягу в печи.

Износ динасовой кладки происходит больше всего в зоне высоких температур, т. е. в нижней части реторт. Особенно подвержены износу внутренние части реторт. Износ вызывается высокими температурами, химическим действием зольных примесей, также абразивным действием прокаливаемого кокса. Вредное влияние на кладку оказывает сера.

После проведения ремонта печь сушат до 180—200° С, затем разогревают вначале предварительно до 700, а затем окончательно до 1000° С. Эти операции проводят по специально составленному графику. После достижения температуры 1000° С иачивают медленное заполнение реторт коксом и вывод печи на рабочий режим.

Качество прокаленного кокса как и у электрических печей определяют путем проверки плотности, удельного сопротивления, наличия зольных примесей; у пекового кокса определяют содержание железа.

Следует отметить, что в ретортных печах происходит незначительный угар кокса, который составляет около 1—2%. В ближайшие годы электроугольные заводы будут получать уже прокаленные коксы непосредственно от поставщиков, что экономически более выгодно, чем прокаливание их у потребителя. Такие коксы будут подвергать только подсушке для удаления влаги.

§ 11. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ МАТЕРИАЛОВ

Кусковые углеродистые материалы, поступающие в производство, подвергают дроблению и измельчению.

Одним из основных показателей процесса дробления и измельчения является степень измельчения, которая определяется из со-

отношения

$$n = \frac{D_{ср}}{d_{ср}},$$

где $D_{ср}$ — средний диаметр кусков материала до измельчения; $d_{ср}$ — средний диаметр кусков или зерен после измельчения; n — степень измельчения.

В зависимости от размеров кусков или зерен исходного и конечного материала различают крупное, среднее и мелкое дробление, размол и сверхтонкий размол (табл. 6.).

Таблица 6

Классификация видов измельчении

Виды измельчения	Размер наиболее крупных кусков (частиц), мм		Средний расход электроэнергии на измельчение, кВт·ч/Т	Степень измельчения
	в исходном материале	в измельченном материале		
Крупное дробление	1500—300	220—50	0,25	3—5
Среднее дробление	350—75	60—15	0,62	5—10
Мелкое дробление	75—30	25—3	3,0	10—50
Размол . . .	25—3	0,3—0,05	25—35	До 100
Сверхтонкий размол	0,2—0,1	0,1—0,005	250—1000	Свыше 100

При дроблении и размоле твердых материалов получают порошки, которые содержат частицы от нескольких микрон до 2—3 мм. Продукты размола твердых материалов, состоящие из частичек различной величины, называют полидисперсными. Их характеристикой служит гранулометрический состав, который показывает, сколько частиц различной крупности содержится в данном продукте размола. Размолотые углеродистые материалы должны обладать строго заданным гранулометрическим составом.

Существует несколько методов определения гранулометрического состава порошковых материалов. Из этих методов ситовой анализ по своей простоте получил наиболее широкое применение в технологии электроугольных изделий.

Гранулометрический состав особо мелких частиц размером 40—45 мкм и меньше определяют с помощью седиментации. Общую оценку дисперсности порошковых материалов, в том числе саж, дают по величине удельной поверхности.

Ситовой анализ измельченных материалов производят на сетках с различным размером ячеек. Сетки делят на особо крупные, крупные, средние, мелкие и мельчайшие. Размер ячеек у особо крупных сит больше 25 мм, крупных и средних 25—2,5 мм, мелких и мельчайших 2,5—0,04 мм. Форма ячеек крупных, средних и мелких сеток круглая, прямоугольная, реже квадратная, а мелких и мельчайших сит только квадратная. Для ситового анализа исполь-

зуют тканые латунные сетки или сетки из фосфористой бронзы с простым переплетением обычной и повышенной точности.

Размер ячеек, сеток, диаметр проволоки и допускаемые отклонения должны соответствовать ГОСТ 6613—53 и ГОСТ 3584—53. (табл. 7). Согласно указанным стандартам номеру сетки соответствует размер квадратной ячейки в свету. Например, сетка № 0045 имеет размер ячеек 0,045 мм или 45 мкм.

Таким образом, номер сетки показывает, какой наиболее крупный размер частицы может пройти через нее. Например, через сетку 01 могут пройти только частицы размером равные или меньше 0,1 мм.

Переход в шкале (табл. 7) от одного номера сетки к другому выбран так, чтобы отношение размеров ячеек являлось числом постоянным, называемым модулем сита. В производстве часто приходится встречать сита, размеры ячеек которых построены по другому модулю. Номера сит по англо-американской системе соответствуют числу ячеек, приходящихся на линейный дюйм (25,4 мм). Размеры ячеек сита по этому стандарту обозначают термином «меш» (что значит клеточка). В немецкой шкале сита характеризуют числом отверстий, приходящихся на его 1 см^2.

Таблица 7

Ситовые стандарты, принятые в СССР, США и Германии

Номер сетки	Размер стороны ячейки в свету, мм (СССР)	Диаметр проволоки, мм	Число отверстий на линейный дюйм, меш (США)	Число отверстий на 1 см^2 сита (ГДР)
08	0,800	0,300	20	64
05	0,500	0,220	30	144
045	0,450	0,180	40	196
0315	0,315	0,140	50	400
025	0,250	0,130	70	576
018	0,180	0,130	80	900
016	0,160	0,100	90	1 600
0125	0,125	0,090	120	2 500
01	0,100	0,070	150	3 600
0080	0,080	0,055	190	4 900
0063	0,063	0,045	235	8 100
0056	0,056	0,040	275	10 000
0045	0,045	0,035	320	

Ситовой анализ порошковых материалов производят путем просева навески 25 г через набор сеток, причем каждая последующая сетка имеет более мелкие ячейки. Навеска порошка помещается на верхнее крупное сито и просеивается вручную или на приборе «Ротап» через весь набор сит, а остаток собирается в поддоне., Порошок, не прошедший на каждом сите (остаток) и прошедший через самое мелкое сито, взвешивают и вычисляют процентное содержание каждой фракции ко всей навеске. Проход порошка через сетку обозначают знаком «—», а остаток — знаком «+».

Ниже приводится ситовой анализ порошка на трех ситах: 025, 01 и 0045:

+025	0,0%
—025+01	6,1%
—01+0045	24,2%
—0045	68,9%
Потери (распыл) при анализе	0,8%
Итого:	100%

Таким образом, в размолотом материале частиц размером больше 0,25 мм нет. Содержание частиц размером от 0,25 мм до 0,1 мм по весу составляет 6,1%; от 0,1 мм до 0,045 мм — 24,2%; частиц размером меньше или равных 0,045 мм — 68,9%.

Для лабораторных исследований и практических целей необходимо знать, как распределены частицы по размерам в порошке, который прошел через сито 0045. В этом случае применяют седиментационный анализ по Н. А. Фигуровскому *.

Пресс-порошки, содержащие связующие вещества, этому анализу не подвергают.

Измельчающие аппараты делят на машины для крупного предварительного дробления, машины для среднего и мелкого дробления, мельницы для тонкого и сверхтонкого размола.

Процесс тонкого и особенно сверхтонкого размола иногда называют диспергированием, а под словом дисперсность понимают тонину размола. Чем меньше размер частиц в размолотом материале, тем выше его дисперсность. От размера и шероховатости поверхности частиц зависит удельная поверхность ** порошковых материалов: чем меньше размер частиц и больше их шероховатость, тем выше удельная поверхность материала.

При дроблении и измельчении твердых материалов расходуется энергия, которая затрачивается на упругие и пластические деформации, теплоту и на обнажение новых поверхностей.

Существуют следующие правила дробления и измельчения.

1. Дробление и измельчение материалов надо производить только до такой степени, которая диктуется условиями дальнейшей переработки материала. Частицы материала, достигшие необходимой крупности, должны выводиться из зоны размола.

2. При больших степенях измельчения размол надо вести в несколько стадий.

Измельчение твердых тел может быть достигнуто путем приложения к ним различного рода механических усилий: раздавливания, удара, истирания, раскалывания, разрыва. Фактически измельчение твердых тел происходит в результате сочетания двух или трех указанных сил.

---

* Седиментационный анализ основан на различной скорости оседания взвешенных в жидкости твердых частиц под действием силы тяжести. Скорость оседания зависит от размера и физических свойств частиц и жидкой среды.

** Под удельной поверхностью порошковых материалов понимают поверхность единицы массы материала, которую выражают в $м^2/г$.

Так, раздавливание применяется главным образом при крупном и среднем дроблении. При тонком размоле требуемую степень измельчения достигают путем сочетания удара или раздавливания и истирания.

Для измельчения вязких материалов средней твердости применяют мельницы, в которых размол производится истиранием в сочетании с ударом.

Выбор того или иного метода измельчения и типа измельчающих машин зависит от физико-механических свойств материала и требуемой степени измельчения. Для крупного и среднего дробления применяют преимущественно щековые, конусные дробилки, для среднего и мелкого дробления — молотковые и валковые, для тонкого и сверхтонкого размола — шаровые, вибрационные, ролико-маятниковые и ролико-чашечные, струйные и коллоидные мельницы, для тонкого и сверхтонкого измельчения термопластичных материалов — струйные мельницы и охлаждаемые мельницы пальчикового типа (дезинтеграторы).

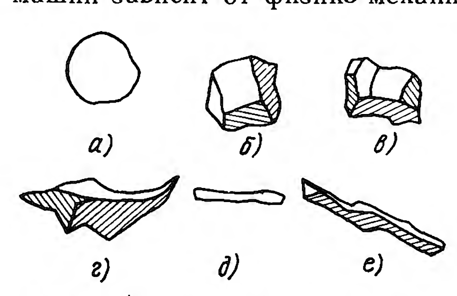


Рис. 13. Конфигурация зерен измельченных материалов:
а — округлая, *б* — кубическая, *в* — прямоугольная, *г* — осколочная, *д* — плоская, *е* — игольчатая

Углеродистые материалы рекомендуется размалывать только на определенном типе оборудования. Это объясняется тем, что как различные измельчающие машины, так и материалы дают при размоле частицы различной конфигурации (рис. 13), что, в свою очередь, оказывает существенное влияние на свойства, структуру и характер пористости готовых изделий.

Размол (рис. 14) производят в периодическом и непрерывном режимах.

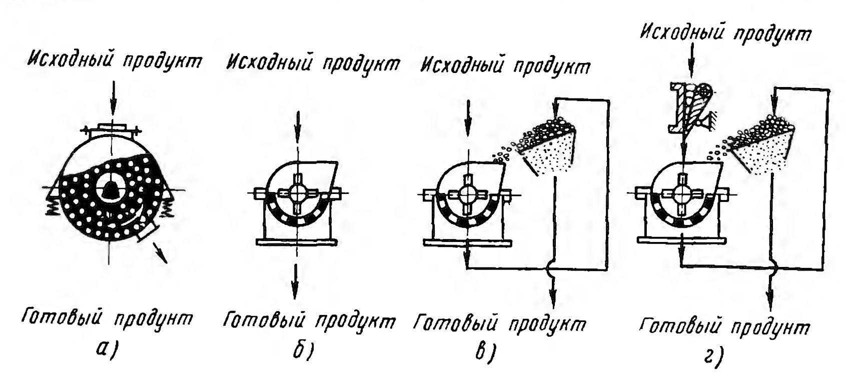


Рис. 14. Схема размола:
а — размол периодический (в вибромельнице), *б* — размол непрерывный в открытом цикле, *в* — размол непрерывный в закрытом цикле с отбором заданной фракции, *г* — размол двухстадийный с открытым циклом в первой стадии

Периодический режим применяют при малом масштабе производства. Этот режим мало экономичен, не обеспечивает заданного ситового состава, продукты размола содержат недоизмельченные и переизмельченные фракции.

Измельчение в непрерывном режиме может происходить в открытом цикле или в замкнутом цикле с классификацией.

При измельчении в открытом цикле материал проходит через дробилку или мельницу только один раз. Открытый цикл обычно используют при крупном, среднем и реже мелком дроблении.

При работе в замкнутом цикле происходит непрерывный отбор требуемой тонкой фракции, а недоизмельченный продукт после классификации направляется на повторное измельчение. Замкнутый цикл в электроугольном производстве применяют при тонком измельчении коксов, а также пресс-порошков, при размоле которых необходимо обеспечить строгое постоянство гранулометрического состава.

В электроугольном производстве используют сухой помол и реже размол в водной среде.

§ 12. ТЕХНОЛОГИЯ ДРОБЛЕНИЯ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

На дробление и измельчение поступают коксы, куличи первых стадий, отходы и брак. Помимо этого размолу подвергают также пресс-композиции, содержащие связующие, для получения из них прессовочных порошков (табл. 8).

Таблица 8

Тонина измельчения различных углеродистых порошков

Наименование материала	Ситовой состав, %			
	Остаток на сетке (не более)		Проход через сетку (не менее)	
	+025	+01	—063	—0045
Пековый кокс	—	1,0	—	65—80
Нефтяной кокс . .	—	—	—	65—70
Пресс-порошок ЭГ14	—	10,0	70—85	—
Пресс-порошок ЭГ2А	1,0	18,0	65—80	—

Размол материалов следует производить крупными партиями. При переходе с размола одного материала на другой необходимо во избежание засорения тщательно прочищать машины. Материал, который направляется на размол, предварительно дробят до кусков размером 10—15 мм, а для вибрационных мельниц и дезинтеграторов — до 2—3 мм.

Качество готового продукта контролируется по величине насыпной массы (насыпного веса), ситовому составу (см. § 11) и содержанию железа (только для пекового кокса).

Для дробления и измельчения наибольшее применение находят щековые и молотковые дробилки, шаровые ролико-маятниковые и вибрационные мельницы, а также дезинтеграторы. В более ограниченном количестве применяют бегуны, а также струйные и другие мельницы.

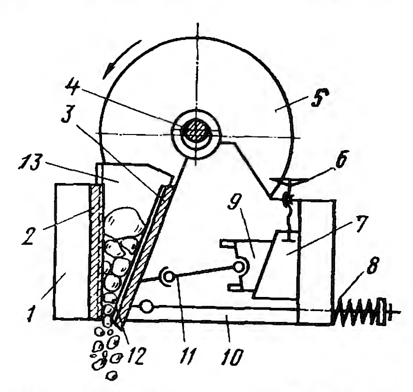


Рис. 15. Щековая дробилка со сложным качанием щеки:

1 — станина, *2* — неподвижная щека, *3* — подвижная щека, *4* — эксцентриковый вал, *5* — маховик, *6* — регулировочный болт, *7*, *9* — регулировочные клинья, *8* — пружина, *10* — тяга, *11* — распорная плита, *12* — футеровочная плита из марганцовистой стали, *13* — боковой клин

Щековая дробилка. Наиболее ходовыми являются щековые дробилки со сложным качанием щеки. Указанные дробилки по сравнению с дробилками с простым качанием дают повышенное содержание мелочи.

Дробилки настраивают на заданную крупность путем регулировки положения клиньев *7* и *9* (рис. 15).

Пуск щековых дробилок производят вначале вхолостую. После разгона маховика (через 2—3 мин) начинают подавать материал на дробление. Во время остановки необходимо хорошо очистить зев дробилки от материала.

Молотковые дробилки СМ-218М и ДМ-300 (БДМ-400). Дробилки этого вида используют для мелкого дробления коксов, брака для засыпок, каменноугольного пека, а также пресс-порошков.

Молотковая дробилка ДМ-300 (рис. 16) относится к измельчающим машинам ударного действия. Она имеет заднюю неподвижную *11* и переднюю подвижную *9* отбойные плиты из марганцовистой стали.

В нижней части дробилки устанавливается сетка с отверстиями. Число и диаметр отверстий (обычно 3—5 мм) зависит от требуемой крупности готового продукта. Дробилка снабжена питателем барабанного типа.

Материал из питателя попадает через загрузочную воронку в дробилку, в которой дробится на лету ударами молотков *4*, шарнирно подвешенных к ротору *10*. Отлетающие куски разбиваются об отбойные плиты, а также истираются на сетке. Размолотый материал проходит через сетку и собирается в приемную тару.

Рекомендуется материал для дробления подавать равномерно со скоростью, согласованной с числом оборотов молотков. При большой подаче материала дробилка начинает захлебываться, при малых подачах работает неэффективно. При одностороннем износе молотков их снимают и поворачивают на 180°.

Молотковая дробилка не боится случайного попадания посторонних предметов.

Регулирование крупности дробления достигают путем изменения подачи материала, зазора между отбойной плитой и молотками, а также изменением размера и числа отверстий в сетках.

Аналогично работают молотковые дробилки других типов, в том числе СМ-218М.

Шаровая мельница. Шаровая мельница имеет стальной барабан, футерованный внутри плитами из марганцовистой стали, опирающийся на две цапфы.

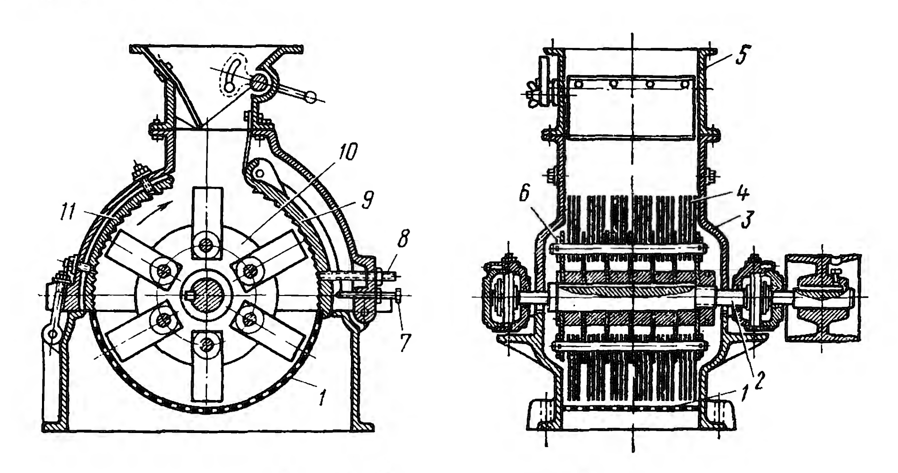


Рис. 16. Молотковая дробилка:

1 — сменная сетка с отверстиями, *2* — вал, *3* — корпус, *4* — молотки, *5* — загрузочная воронка, *6* — шарниры, *7* — фиксатор, *8* — винт, *9* — подвижная отбойная плита, *10* — ротор, *11* — неподвижная отбойная плита

В барабан загружают мелющие тела — шары или стержни. При вращении барабана шары центробежной силой прижимаются к его стенке, поднимаются вверх и, достигнув некоторой высоты, начинают падать или скатываться вниз. Материал, находящийся в мельнице, измельчается в результате удара при падении на него шаров и истирания при скатывании шаров.

Производительность и интенсивность размола в таких мельницах зависит от числа оборотов, размера мельницы, количества и размера мелющих тел, механических свойств измельчаемого материала исходной, конечной тонкости готового продукта и т. п.

Наивыгоднейшее число оборотов мельницы вычисляют по формуле Ливенсона

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}} \text{ об/мин},$$

где D — диаметр барабана мельницы.

Наиболее оптимально работает мельница, когда ее объем на 32—35% заполнен шарами. Имеются различные конструкции мель-

ниц: с загрузкой и выгрузкой материала через люк (рис. 17, *а*), используемые для периодической работы, ситовые мельницы с периферической разгрузкой (рис. 17, *б*) и мельницы с подачей сырья на размол и выводом через полые цапфы и решетки с отверстиями для непрерывной работы (рис. 17, *в*).

Схема работы шаровой мельницы с системой воздушной сепарации (рис. 18) состоит из собственно мельницы *12* и системы воздушной сепарации (классификации), куда входит вихревой сепаратор *5*, циклон-осадитель *7*, транспортный вентилятор *4*, рукавный фильтр *1*, сборный бункер *9*, магнитный сепаратор *8*.

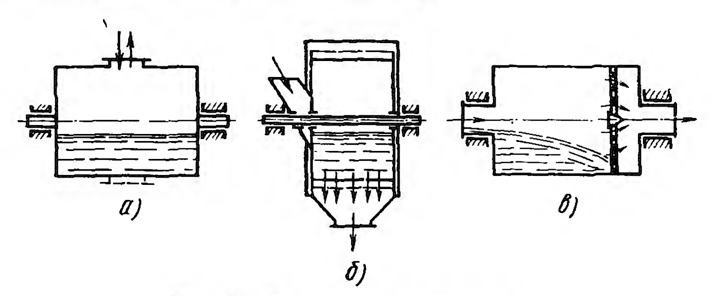


Рис. 17. Типы шаровых мельниц:

а — для периодической работы с загрузкой и выгрузкой через люк, *б* — ситовая с периферической разгрузкой через сетку, *в* — для непрерывной работы с загрузкой и выгрузкой через полые цапфы

Мельницу загружают набором стальных шаров диаметром 60 мм в количестве 600 кг и ⌀ 80 мм в количестве 1700 кг; число оборотов мельницы 25—28 в минуту.

Предварительно раздробленный материал из бункера *14* тарельчатым питателем *13* подается в мельницу *12*, где измельчается. Размолотый материал подхватывается воздушным потоком, который создает транспортный вентилятор *4*, и направляется в вихревой сепаратор с лопатками *5*. Здесь происходит выделение крупных частиц, возвращаемых через заслонку *6* в мельницу на домол, а тонкая фракция — готовый продукт — направляется в циклон *7*, где осаждается. Не осевшая в циклоне самая мелкая фракция вместе с воздухом засасывается транспортным вентилятором и снова направляется в мельницу. Часть пылевоздушной смеси по отводному воздухопроводу через шибер *3* отводится в рукавный фильтр, в котором отделяются наиболее мелкие фракции, а очищенный воздух выбрасывается в атмосферу.

Размолотый материал, осевший в циклоне, пропускают через магнитный сепаратор *8* для отделения примесей (намола) железа и затем собирают в бункере *9*, откуда с помощью шнека *10* выгружают в бумажные мешки или в усреднители *11*. Из-за сброса через фильтр части циркулирующей пыле-воздушной смеси система мельница — сепаратор — циклон оказывается под разрежением порядка 70—130 мм вод. ст. Это обеспечивает работу установки без выделения пыли.

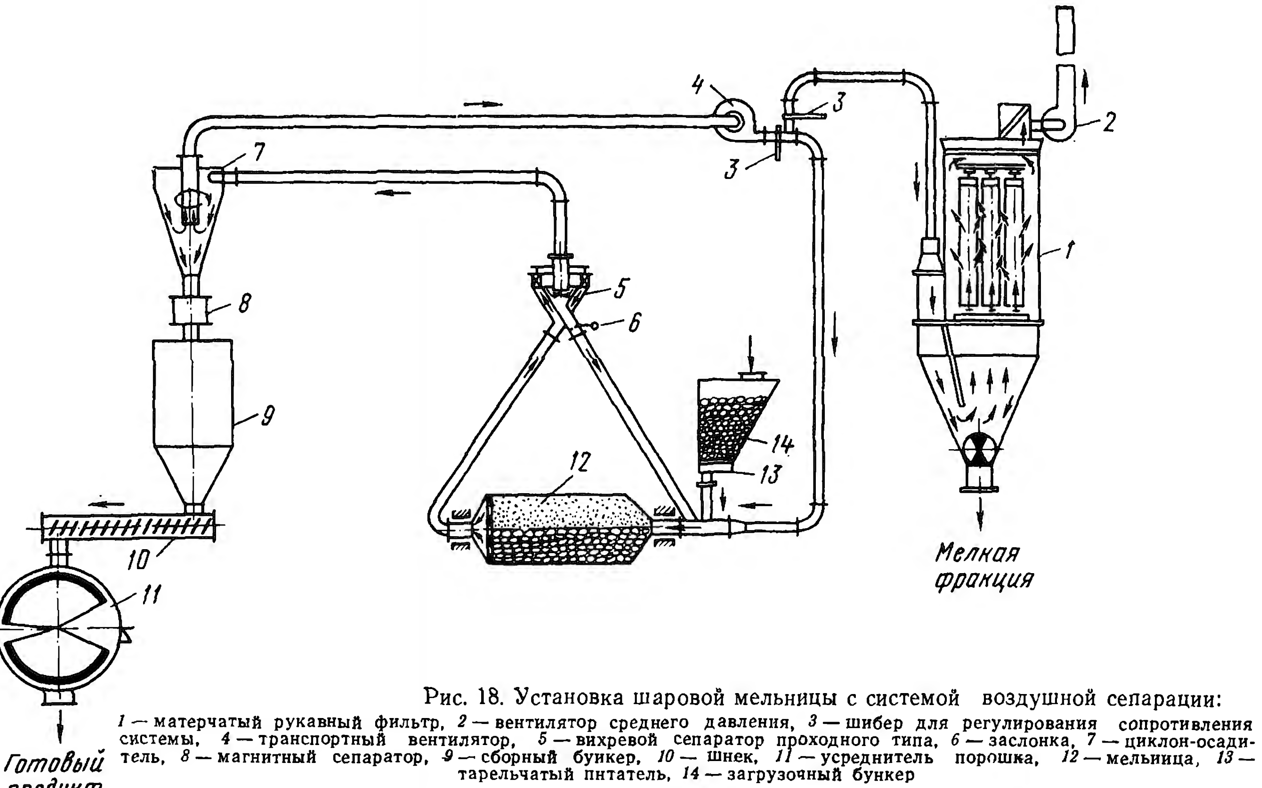


Рис. 18. Установка шаровой мельницы с системой воздушной сепарации:

1 — матерчатый рукавный фильтр, 2 — вентилятор среднего давления, 3 — шибер для регулирования сопротивления системы, 4 — транспортный вентилятор, 5 — вихревой сепаратор проходного типа, 6 — заслонка, 7 — циклон-осадитель, 8 — магнитный сепаратор, 9 — сборный буикер, 10 — шнек, 11 — усреднитель порошка, 12 — мельиица, 13 — тарельчатый питатель, 14 — загрузочный бункер

Кроме этого воздух, циркулирующий в системе, обновляется.

Вентилятор *2* служит для создания в фильтре *1* разрежения (20—40 мм вод. ст.), при котором он должен работать нормально.

В фильтре имеются матерчатые рукава, через которые проходит воздух, а мельчайшие частицы оседают и стряхиваются в конус, откуда с помощью шнека выгружаются наружу.

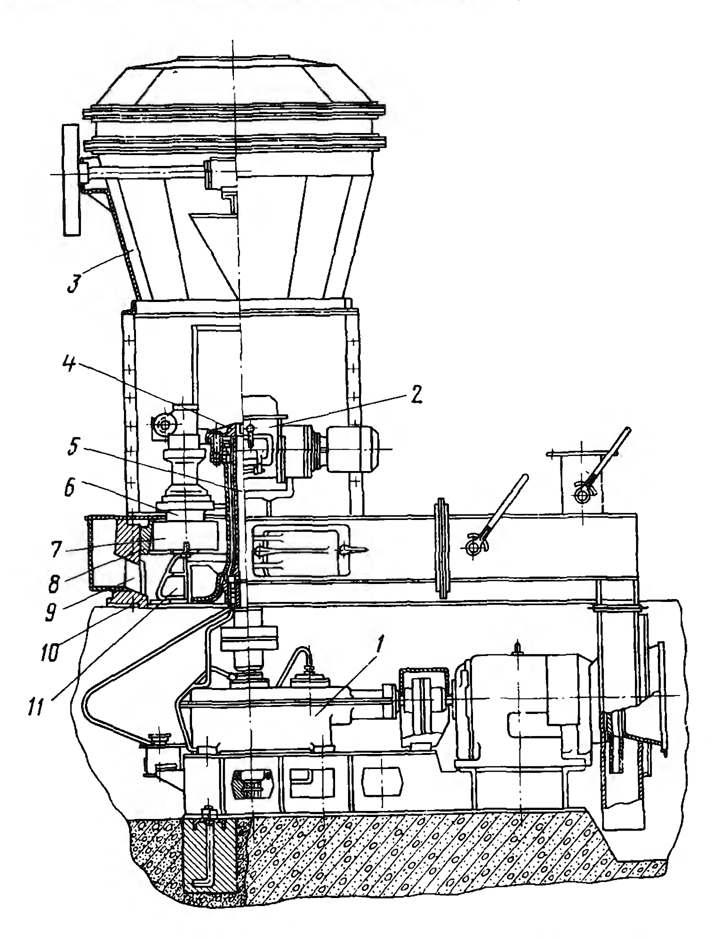


Рис. 19. Ролико-маятниковая мельница СМ-493А:

1 — редуктор, *2* — питатель, *3* — сепаратор с вращающимся ротором, *4* — крестовина, *5* — вертикальный вал, *6* — маятник, *7* — рабочий ролик, *8* — рабочее кольцо, *9* — окна для ввода воздуха, *10* — станина, *11* — скребок

Порошок, выгружаемый из фильтров, называется мелкой фракцией; количество ее составляет около 5—10% от веса измельченного материала. Мелкую фракцию используют отдельно.

В начале производства работ проверяют исправность всех агрегатов. После этого включают последовательно в работу вентилятор

на фильтре встряхивающий механизм фильтра, течку магнитного сепаратора, транспортный вентилятор, а затем и мельницу с питателем. После 10—15 мин работы мельницы, когда установится режим работы, берут пробу кокса.

Если ситовой анализ показывает, что установка дает грубый помол, то производят регулировку путем:

1) уменьшения числа оборотов транспортного вентилятора, что вызывает снижение скорости пылевоздушной смеси в системе;

2) увеличения угла поворота лопаток сепаратора или опускания штуцера телескопической трубы в нижнее положение, что увеличивает завихрение потока и способствует отбрасыванию крупных частиц к стенкам конуса сепаратора и возврату их на домол в мельницу;

3) изменения режима питания мельницы.

Важным условием устойчивого режима размола служит поддержание постоянного уровня измельчаемого материала в мельнице.

В современных шаровых установках автоматическое поддержание постоянного уровня материала в мельнице производят по интенсивности шума. При недостатке материала шум мельницы усиливается, при перегрузке — мельница «глохнет».

Современная замена брони, шаров, рукавов и правильный уход за фильтрами, ликвидация неплотностей и подсосов во всей системе обеспечивает нормальную работу мельницы. Производительность шаровой мельницы в зависимости от тонины помола составляет 150—200 кГ/ч.

В настоящее время вместо рукавных фильтров мелкую фракцию направляют в электрофильтр, что уменьшает запыленность воздуха, выбрасываемого в атмосферу.

Ролико-маятниковая мельница типа СМ-493А. Ролико-маятниковые мельницы (рис. 19) применяют в электроугольном производстве для размола коксов, куличей первых стадий и различных пресскомпозиций.

Мельничная установка имеет систему сепарации, состоящую из сепаратора *7* (рис. 20) с вращающимся ротором или поворотными лопатками, транспортного вентилятора *1*, циклона-осадителя *3*, рукавного фильтра *4*, воздуховодов *6*.

Размол на мельнице производят следующим образом. Материал с помощью питателя *2* (см. рис. 19) подается внутрь мельницы и, попадая между кольцом и вращающимися (тремя или четырьмя) роликами, которые под действием центробежной силы прижимаются к кольцу, измельчается. Воздух, нагнетаемый транспортным вентилятором через окна в мельницу, увлекает измельченный материал в сепаратор. В сепараторе в результате уменьшения скорости потока пылевоздушной смеси крупные частицы отделяются от мелких и падают вниз в мельницу, где доизмельчаются. Мелкие частицы выносятся потоком воздуха в циклон (см. рис. 20), в котором осаждаются. Воздух, содержащий мельчайшие частицы, направляется вентилятором снова в мельницу. На нагнетательной линии системы имеется патрубок, через который часть пылевоздушной сме-

си отводится в фильтр. Таким образом, вся система мельница — сепаратор — циклон работает под разрежением порядка 120—150 мм вод. ст. и, кроме того, осуществляется частичная замена циркулирующего воздуха свежим. Производительность мельницы при размоле коксов и пресс-порошков составляет 250—300 кГ/ч. Тонину помола регулируют изменением питания числа оборотов вертикального вала мельницы, изменением положения заслонок 2

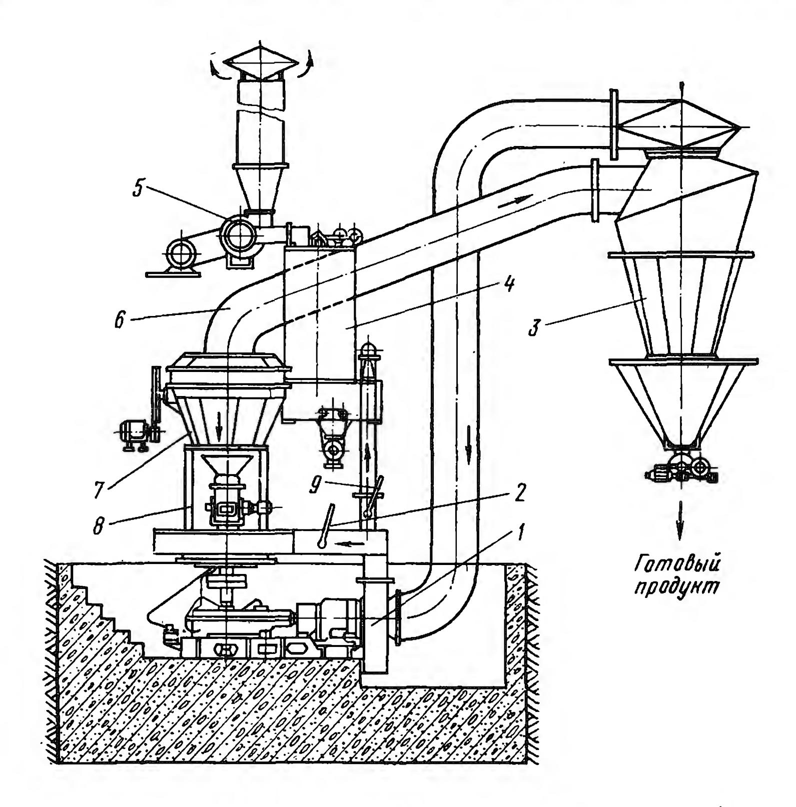


Рис. 20. Установка роликово-маятниковой мельницы СМ-493А с сепарационной системой:

1 — транспортный вентилятор, 2, 9 — заслонки для регулирования сопротивления системы, 3 — циклон, 4 — фильтр, 5 — вентилятор, 6 — воздуховоды, 7 — сепаратор, 8 — мельница

и 9, а также числа оборотов ротора сепаратора (или же угла поворота лопаток сепаратора). Чем больше прикрыта заслонка 2, тем меньше скорость воздушного потока в сепараторе и тем тоньше продукты размола. При увеличении числа оборотов ротора сепаратора в нем создается дополнительное завихрение пылевоздушного потока. Крупные частицы под действием центробежных сил интенсивней отбрасываются к периферии и по наружной стенке сепаратора возвращаются на домол в мельницу. Таким образом тонина помола увеличивается.

Ролико-чашечная (бегунковая) среднеходная мельница. Машины этого вида работают по такому же принципу, как и ролико-маятниковые. Измельчение материала в них осуществляется при попадании его между вращающейся тарелью и двумя рабочими коническими роликами. Мельницы снабжены системой воздушной сепарации. По сравнению с ролико-маятниковыми мельницами они работают с меньшими шумом и вибрацией и дают продукт с более равномерным ситовым составом. Эти мельницы позволяют более гибко регулировать тонину размола.

Дезинтегратор. Дезинтеграторы применяют для размола преимущественно пресс-порошков. Измельчение в этих машинах производится вращающимися навстречу друг другу роторами, в которых по концентрическим окужностям вставлены пальцы (рис. 21).

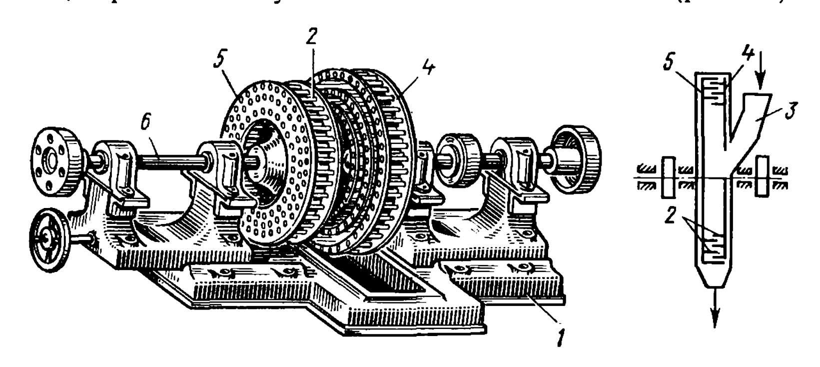


Рис. 21. Дезинтегратор:
1 — станина, 2 — пальцы, 3 — загрузочная воронка, 4 — правый ротор, 5 — левый ротор, 6 — вал

Материал, предварительно измельченный до зерен размером 3—5 мм, подается в воронку 3 в центральной части дезинтегратора. Попадая между пальцами первого ряда, материал разбивается и под действием центробежной и касательной сил направляется к последующим рядам пальцев, между которыми происходит его дальнейшее измельчение.

У дезинтеграторов нет решет; в результате большого числа оборотов ротора в минуту (выше 6000) на дезинтеграторах можно получать однородный тонкий помол.

Пальцы в дезинтеграторах делают стальными, а для повышения износоустойчивости их цементируют.

Тонину помола и производительность дезинтеграторов регулируют изменением питания и числа оборотов роторов.

При вращении роторы действуют как вентиляторы, что способствует охлаждению измельчаемого материала.

При монтаже дезинтеграторов навешивают тканевый фильтр для фильтрации выдуваемого из мельницы воздуха. Чтобы избежать попадания между пальцами различных стальных и металлических предметов, дезинтегратор снабжают специальными магнитными сепараторами.

Аналогично работают и дисмембраторы, у которых в отличие от дезинтеграторов один диск с пальцами неподвижен, а другой вращается.

Вибрационная мельница. Вибрационную мельницу используют главным образом для совместного сверхтонкого размола и смешения нескольких компонентов, например сажи и пека, коксующегося угля и отощающих добавок.

Мельница на 80% объема наполнена стальными шарами ∅ 12—18 мм (или цилиндрами).

Действие вибрационной мельницы (рис. 22) основано на том, что загруженный материал под воздействием шаров испытывает

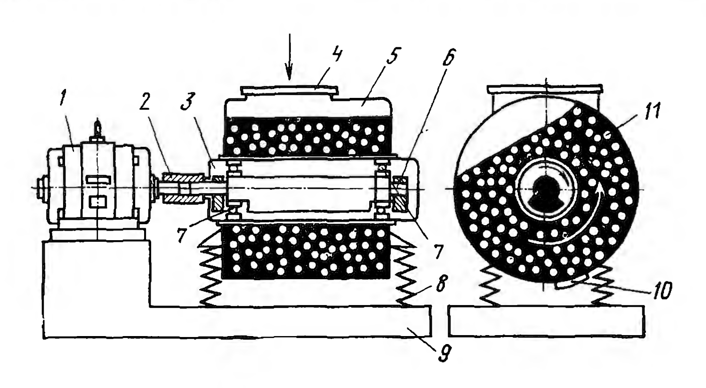


Рис. 22. Схема вибрационной мельницы:

1 — электродвигатель, *2* — упругая муфта, *3* — вибратор с рубашкой для охлаждения, *4* — люк для загрузки, *5* — корпус мельницы, *6* — дебаланс, *7* — подшипники, *8* — опорные пружины, *9* — деревянная рама, *10* — люк для выгрузки, *11* — металлические шары

знакопеременные усилия, незначительные по величине, но исключительно большой частоты (до нескольких миллионов в минуту), в результате чего создается режим его усталостного разрушения.

При вращении дебалансного вала корпус мельницы *5* начинает совершать колебания по замкнутой траектории с амплитудой (размахом колебаний) 3,5—4 мм и частотой, равной числу оборотов вала, т. е. 1000—1500 об/мин. Шары внутри корпуса совершают сложное движение, подбрасываются, сталкиваются друг с другом, вращаются вокруг своей оси. Вся шаровая загрузка мельницы перемещается на некоторый угол — в сторону, противоположную направлению вращения вала вибратора.

Вибратор *3*, а также корпус мельницы *5* охлаждаются водой.

Для размола углеродистых материалов используют мельницы типа М-400-15 с объемом корпуса 400 л. Размол ведется в периодическом режиме. В верхний люк загружают 33—50 кг материала с крупностью зерен не выше 2—3 мм, люк закрывают и начинают размол. Расход электроэнергии на размол весьма высок и составляет 0,8—1 кВт·ч/кг. Размолотый материал выгружают через нижний люк *10*.

При размоле в вибрационных мельницах графита, коксов и других материалов наблюдается интенсивный намол железа. Поэтому время от времени необходимо контролировать массу и, как и в шаровых мельницах, заменять износившиеся шары.

Для получения необходимой тонины помола следует контролировать амплитуду и частоту колебаний корпуса мельницы, а также постоянно выдерживать соотношение веса загружаемого материала к массе шаров.

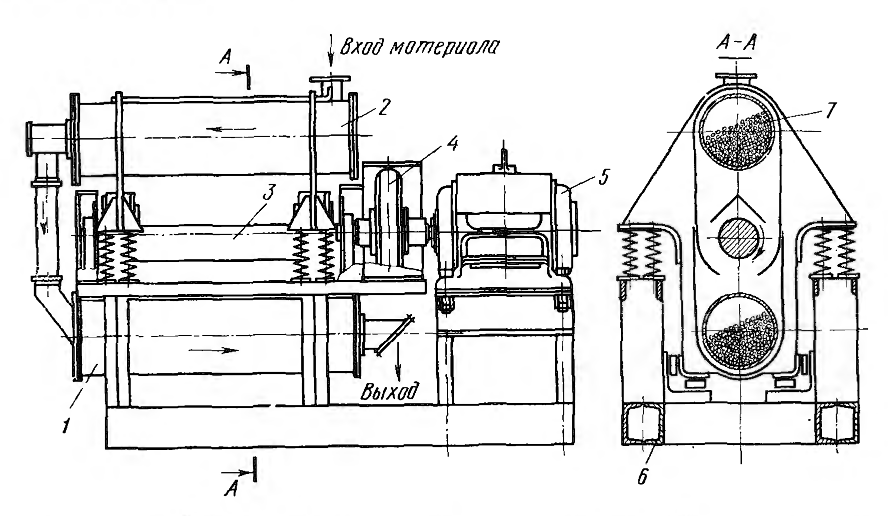


Рис. 23. Вибрациоиная двухбарабаиная мельница:

1 и *2* — нижний и верхний барабаны, *3* — вибратор, *4* — мягкая муфта, *5* — электродвигатель, *6* — рама, *7* — мелющие тела

В настоящее время вместо вибрационных однобарабанных мельниц, работающих в периодическом режиме, начинают применять двухбарабанные вибрационные мельницы (рис. 23), преимущество которых заключается в том, что они работают в открытом цикле по непрерывному режиму; поэтому качество получаемого продукта более однородно, а также значительно меньше намол железа.

Наличие внутри помольных камер перегородок способствует удлинению пути измельчаемого материала, что повышает степень измельчения и производительность мельницы.

Мельница установлена на специальных виброопорах, которые предохраняют передачу вибрации на стены и фундамент зданий.

§ 13. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Назначение классификации состоит в том, чтобы:

выделить из измельченного материала частицы размером больше заданного и направить их на домол;

выделить из материала частицы размером меньше заданных (пылевую фракцию в пресс-порошках и засыпках);

разделить измельченный материал по крупности на несколько фракций — классов с целью использования каждой из них по своему назначению. Такое разделение на несколько фракций широко применяется в производстве электродов и при изготовлении микрофонных порошков.

Различают механическую классификацию грохочением, а также классификацию воздушную * и гидравлическую.

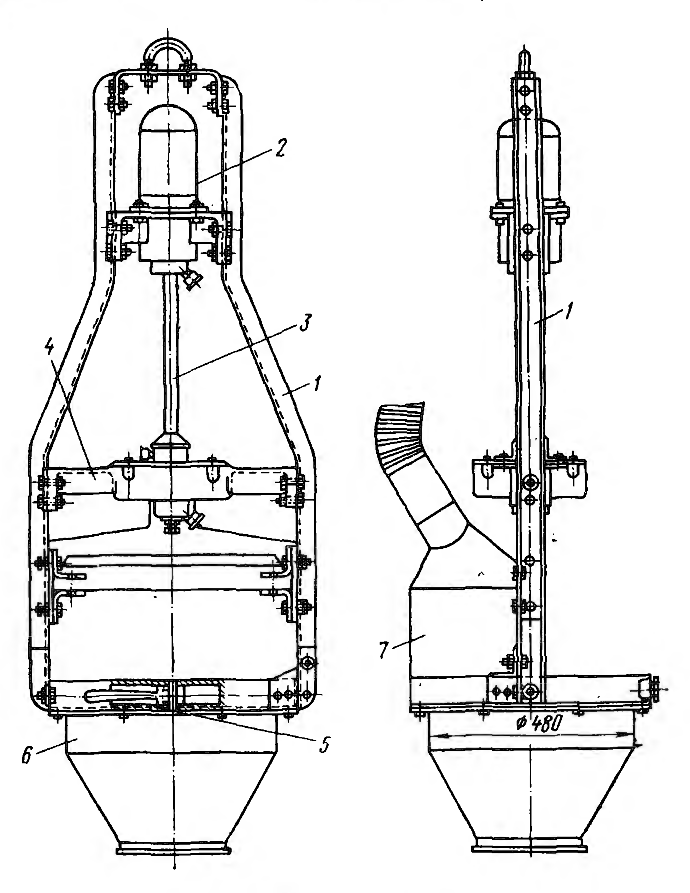


Рис. 24. Вибрационное сито:
1 — рама, 2 — электродвигатель, 3 — вал вибратора, 4 — вибратор, 5 — сито, 6 — приемный конус, 7 — вытяжной зонт

Гидравлическая классификация в электроугольном производстве не применяется.

Крупному грохочению подвергают перед прокалкой нефтяной и пековый кокс, раздробленный на щековой дробилке с целью удаления из него мелочи.

* Воздушная классификация используется в мельничных установках.

Тонкое грохочение, которое принято называть просевом, применяют для размолотого кокса, графита, порошков первых стадий, металлических прессовочных порошков и других тонкоизмельченных материалов. Цель просева состоит не только в получении порошков нужного гранулометрического состава, но и в удалении из них случайно попавших примесей или посторонних предметов. Для просева применяют грохоты, вибрационные и ручные сита.

Вибрационное сито (рис. 24) состоит из рамы *1*, вибратора *4*, приемного конуса *6* и сита *5*. В нижней части сита устанавливают сменные обечайки (кассеты) с натянутыми на них сетками.

Материал порциями загружают на сито и просеивают. Просев собирают в мешки или отдельную тару, а остаток (высевки) удаляют. К вибрационному ситу подводят вытяжную вентиляцию для отвода мелкой пыли. Во время просева следят за исправностью сетки. Если сетка окажется порванной, ее немедленно заменяют новой или заклеивают поврежденное место. Производительность вибрационных сит составляет 30—40 кг/ч.

На условия просева влияет ряд факторов: влажность материала, качество сеток, форма их отверстий, частота и амплитуда вибраций сита, размер и форма частиц, толщина слоя материала.

Материал с повышенной влажностью или содержащей связующее просеивается медленнее из-за слипания частиц и замазывания ячеек. При слишком большой толщине слоя материала производительность просева снижается.

§ 14. МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

В процессе тонкого размола в порошки попадают примеси железа. Для отделения примесей железа порошки подвергают электромагнитной сепарации. Принцип магнитной сепарации состоит в том, что материал пропускают через зону с сильным магнитным полем. При этом частицы, обладающие магнитными свойствами, притягиваются к магниту.

Зону с магнитным полем создают магнитные сепараторы, которые по принципу действия делятся на постоянные магниты и электромагнитные сепараторы шкивного или барабанного типа.

Постоянные магниты всегда используют в дезинтеграторах. Их устанавливают в питателях, через которые материал направляется на измельчение.

Электромагнитные сепараторы барабанного типа устанавливают в мельничных установках (рис. 25).

Измельченный материал подается

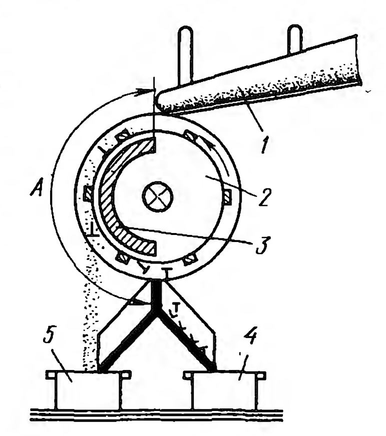


Рис. 25. Схема электромагнитного сепаратора:
1 — лоток, *2* — вращающийся барабан, *3* — электромагнит, *4* — бункер для металла, *5* — бункер для отмагниченного продукта

лотком *1* на вращающийся барабан *2*, в котором установлен неподвижно электромагнит *3*. Частицы металла, попадая на поверхность барабана, проходят вместе с ним до нижней границы магнитного поля. Пройдя эту зону, частицы под действием силы тяжести отделяются от барабана и отводятся в бункер *4*. Часто для лучшей очистки устанавливают дополнительно специальные щетки, очищающие поверхность барабана. Очищенный от включений порошок поступает в бункер *5*.

§ 15. ГРАНУЛИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Под термином «гранулирование» следует понимать процесс создания из тонкоизмельченных, обычно порошковых материалов, более крупных зерен-гранул. Однако в качестве исходных материалов для гранулирования могут служить расплавы, растворы и т. д.

Форма гранул может быть разнообразной: сферической, кубической, в виде цилиндров, зерен округлой или, вообще, неправильной формы и т. д.

Преимущества гранулированных продуктов перед порошкообразными следующие:

1) хорошая текучесть гранулированных материалов, что облегчает условия их дозирования;

2) отсутствие пыления при транспортировке и слеживаемости при хранении за счет уменьшения контактов между частицами;

3) увеличение насыпной массы по сравнению с порошками, что снижает расходы на тару, складские и транспортные расходы;

4) улучшение свойств готовых изделий из гранулированных материалов в результате увеличения их однородности и изотропности.

Качество гранул оценивается их прочностью, однородностью по размерам, наличием делимости и отсутствием слипаемости и слеживаемости.

Использование гранулированных материалов для изготовления угольно-графитовых и металлокерамических изделий является прогрессивным направлением современного производства.

В производстве электроугольных изделий наиболее широкое применение нашел метод гранулирования с использованием клеящих веществ. Этим методом удается получить прочные непылящие хорошо текучие гранулы.

Для гранулирования применяют протирочные машины, а также барабанные и тарельчатые грануляторы.

В качестве клеящих веществ используют бакелитовый лак, водный раствор поливинилового спирта, раствор резинового клея в бензине, мелассу, декстрин.

Например, для гранулирования металлических порошков поливиниловый спирт растворяют в воде при нагреве до 60—80° С. Во избежание образования комков порошок поливинилового спирта загружают порциями из расчета 8—10 вес. ч. на 100 вес. ч. воды. Водный раствор процеживают через сетку для удаления нераство-

римых комков. Вязкость раствора поливинилового спирта должна соответствовать технологической карте.

Раствор поливинилового спирта при 20—25° С смешивают в смесителях без подогрева с порошками металлов. Обычно на 100 вес. ч. порошка берут 8—10 вес. ч. или более водного раствора спирта. Для лучшего перемешивания раствор спирта рекомендуется заливать порциями или через сетку с ячейками 0,5—1 мм. После перемешивания в смесителе увлажненный порошок протирают на грануляторе (рис. 26) через сетку 0125 или 0071. Размер ячеек сетки зависит от требуемой крупности гранул. Для обеспечения более равномерного размера гранул увлажненную массу подают на гранулирование небольшими порциями. Гранулы в виде округлых или цилиндрических комочков подсушивают, а затем усредняют.

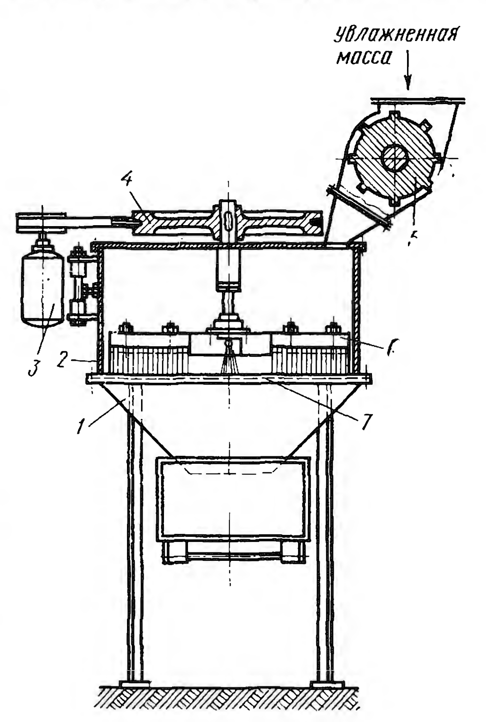


Рис. 26. Схема гранулятора:
1 — приемный конус, 2 — корпус, 3 — электродвигатель, 4 — клиноременная передача, 5 — барабанный питатель, 6 — щетка, 7 — металлическая сетка

Гранулы сферической или близкой к ней формы получают на барабанных или тарельчатых грануляторах. При гранулировании в барабанных грануляторах пресс-порошков со связующим используют воду с добавками поверхностно-активных веществ ОП-7, ОП-10. Количество воды составляет ~45% по массе, а количество поверхностно-активных веществ — 3% по отношению к объему воды.

В барабанных грануляторах получают гранулы размером от 1 до 3 мм. Путем подсушки при повышенных температурах в результате плавления связующего пресс-порошков удается повысить прочность гранул. Однако гранулы, выходящие из барабанных грануляторов, неоднородны по размерам. Для формирования гранул однородных по размеру применяют тарельчатые грануляторы, у которых осуществляется и классификация гранул по размерам.

Гранулирование путем прессования порошков в виде небольшого размера блоков или таблеток, которые затем подвергают размолу и просеву на сетках со значительно более крупными отверстиями, используют при производстве изделий марки УГ-20 (см. § 56).

Цель усреднения состоит в укрупнении мелких партий в крупные для создания однородности свойств размолотых порошковых материалов. Это достигают путем их перемешивания в смесовых аппаратах-гомогенизаторах (усреднителях).

Наиболее распространенными гомогенизаторами являются аппараты барабанного типа с неподвижным или подвижным корпусом, а также конические и биконические. На рис. 27 приведена конструкция усреднителя конического типа. Он состоит из стального корпуса *3*, шнека *4*, который верхним концом закреплен в водиле *5*, а внизу через шарнир *8* связан с нижним редуктором *2*. Материал загружают сверху на 3/4 объема аппарата. Принцип работы смесителя заключается в перемешивании порошкового материала с помощью шнека, который вращается вокруг своей оси, а также двигается вдоль стенок корпуса с помощью водила, описывая конус. Число оборотов шнека вокруг своей оси составляет 60 в минуту, а вокруг оси аппарата — 178 в минуту. Такое сложное движение шнека обеспечивает эффективное перемешивание материала. Время для усреднения составляет 10—15 мин.

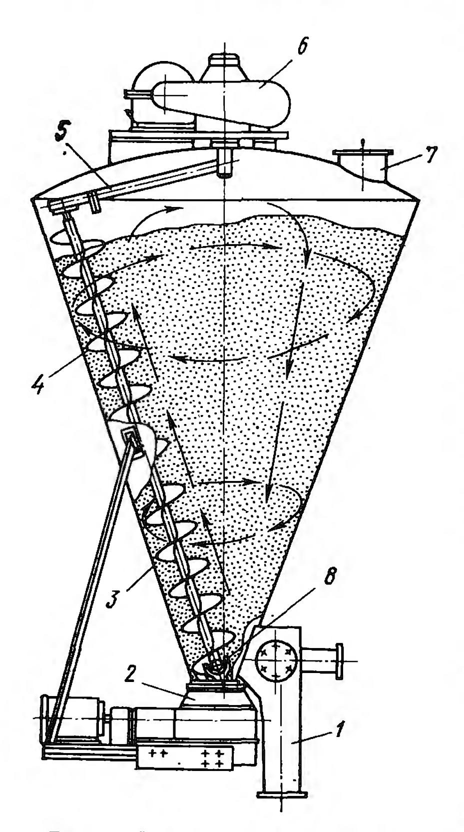


Рис. 27. Конический усреднитель:
1 — выгрузочный штуцер, *2* — нижний редуктор, *3* — корпус, *4* — шнек, *5* — водило, *6* — верхний редуктор, *7* — загрузочный люк, *8* — шарнир

Смесители этого типа выпускают объемом до 15 м³. В некоторых отраслях промышленности их используют в качестве бункеров для хранения сырья и промежуточных продуктов.

На рис. 28 приведена конструкция барабанного усреднителя емкостью 1—3 м³. В стальном барабане *7* вращается вал *6* с рабочими спиралями *5* и *10*. При вращении лопастей усредняемый материал направляется от боковых стенок к центру и здесь при встрече двух потоков интенсивно перемешивается. Порошки, подлежащие усреднению, загружают сверху через люк *4*, а выгружают после усреднения через нижний люк *9*. Недостаток этих машин заключается в наличии мертвых зон. Время для усреднения порошков составляет 15—30 мин.

Усреднять материал в течение нескольких часов не следует, так как это может привести к взаимному перетиранию частиц и дополнительному измельчению.

§ 17. ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ СВЯЗУЮЩИХ

Для изготовления электроугольных изделий применяют различные каменноугольные связующие, которые различаются по температуре размягчения, вязкости и другим физико-химическим свойствам (см. гл II, § 7). Эти связующие получают из исходного сырья

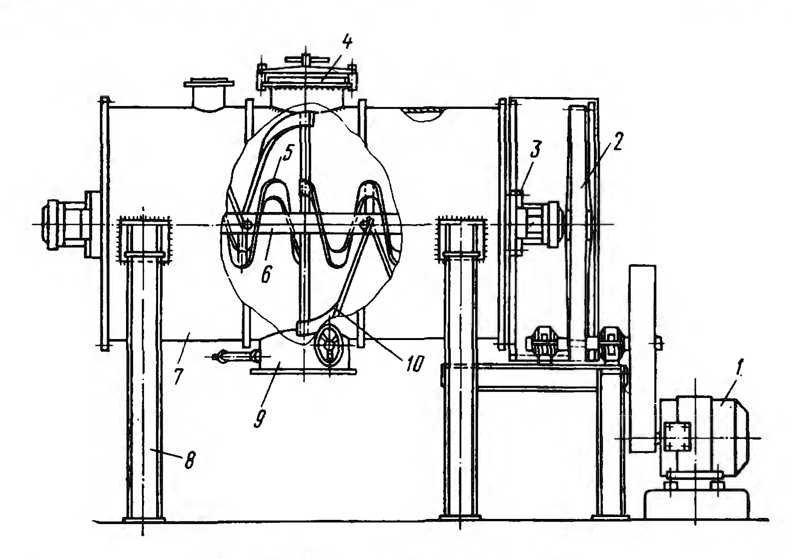


Рис. 28. Барабанный усреднитель:
1 — электродвигатель, 2 — шестерня, 3 — опорный подшипник, 4 — загрузочный люк, 5 — внутренняя спираль, 6 — вал, 7 — барабан, 8 — опорная стойка, 9 — люк для выгрузки, 10 — наружная спираль

в результате препарирования и уваривания каменноугольной смолы, плавления каменноугольного среднетемпературного пека, приготовления смесей смолы и пека, пека с каменноугольным маслом, а иногда и смеси уваренной смолы с бензолом (рис. 29).

Если каменноугольный пек применяют как связующее в твердом виде, то его подвергают только дроблению до зерен 2—3 мм.

Целью препарирования каменноугольной смолы является обезвоживание, отгонка летучих веществ, легких и части средних масел, а также нафталина, который ухудшает ее связующие свойства. Препарирование каменноугольной смолы ведут в специальных кубах — ретортах (рис. 30).

Препарирование смолы производят следующим образом. Каменноугольная смола из хранилищ подается в стальную реторту 2, которая обогревается топочными газами при сжигании мазута. Реторта соединена с конденсатором 4. Каждая реторта имеет свой кон-

денсатор, где конденсируются выделяющиеся из смолы погоны, которые затем собираются в сборнике *9* и с помощью насоса *10* перекачивают в тележку *11*.

Режим препарирования смолы следующий. Вначале смолу нагревают до 90° С по произвольному графику в течение 4 ч. Дальнейший нагрев от 90 до 110° С ведут осторожно, причем подъем температуры составляет 8—10 град/ч. В этом интервале температур идет интенсивная отгонка влаги и следует опасаться вспенивания

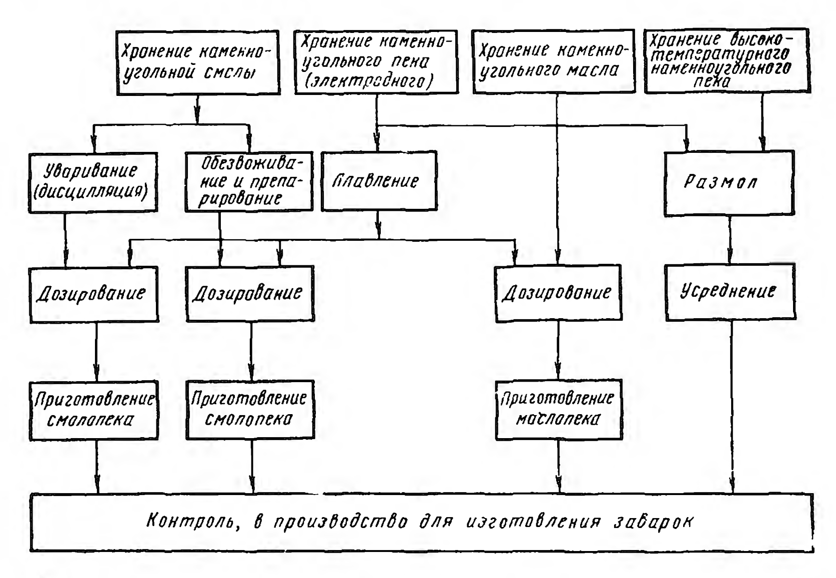


Рис. 29. Технологическая схема подготовки каменноугольных связующих

и выброса смолы. Нагрев от 110° С до конечной температуры (270° С) ведут при подъеме температуры 10—15 град/ч. На некоторых заводах в интервале 150—270° С скорость подъема температуры увеличивают до 20—25 град/ч. Общая продолжительность обезвоживания и разгонки смолы составляет около суток. В процессе дистилляции из реторты отбирают пробы смолы. В начальной стадии до температуры нагрева порядка 170°С из каменноугольной смолы отгоняется аммиачная вода легкие масла, в которых содержатся главным образом бензольные углеводороды. В области температур 170—270° С выделяются в основном нафталин, фенол, крезол, пиридиновые основания.

После окончания препарирования определяют вязкость смолы, которая должна быть 5,5—8° Е*. Остывшую смолу при температуре 100—120° С перекачивают по смолопроводу в цеховые приемники смолы.

---

* В СССР условную вязкость выражают в единицах, численно совпадающих с градусами Энглера (°Е).

Уваренную смолу (мягкий пек) приготовляют путем отгонки из препарированной смолы средних и частично тяжелых фракций. Для этого смолу из смолоперегонной реторты *2* перекачивают насосом *1* в реторту *5*. Здесь ее вначале нагревают до 200° С, а затем в течение 6—8 ч — до 360° С. Выделяющиеся погоны направляют через конденсатор в сборник погонов. После окончания процесса берут пробу, а уваренную смолу сливают в приемники. Температура размягчения уваренной смолы должна быть 45—52° С.

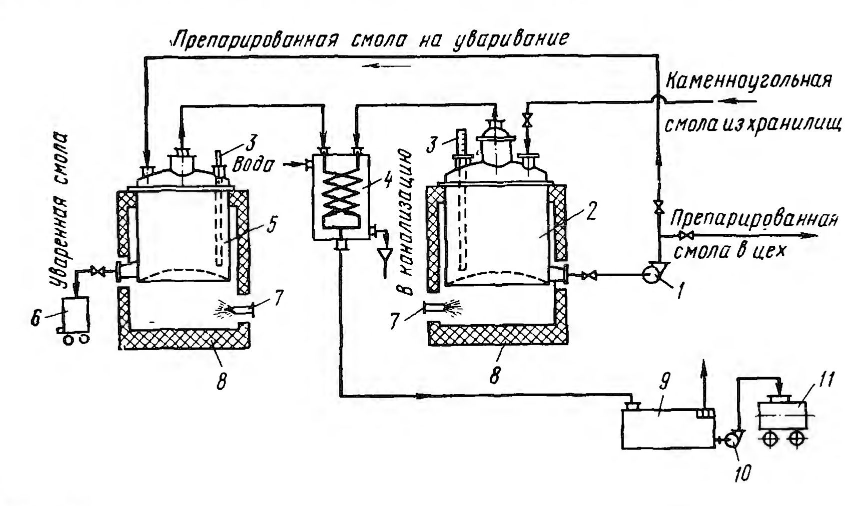


Рис. 30. Схема дистилляции (препарирования) и уваривания каменноугольной смолы:

1 и *10* — насосы, *2* — реторта для препарирования сырой смолы, *3* — термометры, *4* — конденсатор, *5* — реторта для уваривания препарированной смолы, *6* — тележка для уваренной смолы, *7* — форсунка для мазута, *8* — обмуровка, *9* — сборник погонов, *11* — тележка для транспортировки погонов

Препарированную смолу применяют в качестве связующих обычно в смеси с каменноугольным пеком.

Для изготовления электроугольных изделий некоторых марок, например анодов, электрощеток марки ЭГ-2А и электрических углей многих марок применяют маслопек, представляющий собой смесь каменноугольного масла и пека. Такое связующее обладает более стабильными свойствами по сравнению со смесью смолы и пека (смолопеком).

Маслопек, а также смесь пека с каменноугольной смолой (смолопека) приготовляют в пекосмесителях, снабженных мешалками и обогревом (рис. 31).

Для получения маслопека каменноугольный пек с температурой размягчения 65—75° С загружают в пекоплавитель *5* емкостью 3 м^3. Пекоплавитель имеет змеевик для обогрева паром *, а также ре-

* При отсутствии пара нужного давления нагрев пекоплавителей производят электрическим током.

шетку для отделения случайных примесей, которые могут быть в пеке. Расплавленный пек, нагретый до 120—140° С, сливают в пекосмеситель *4*, который также имеет обогрев. Из мерника *7* в количестве, которое определяется расчетом, каменноугольное масло сливают в весовой мерник *2* и там его подогревают до 25—30° С (обычно количество каменноугольного масла не превышает 5—10% от веса пека). Из пекосмесителя *4* в этот же мерник сливают пек, и смесь тщательно перемешивают, одновременно нагревая ее до 120—150° С. Затем из мерника берут пробу и определяют температуру размягчения маслопека. Если она соответствует нормам, указанным в технологических картах, то его используют для изготовления заварок. При получении маслопека следует иметь в виду, что наличие в сырье даже незначительного количества воды может вызвать вспенивание и выброс связующего.

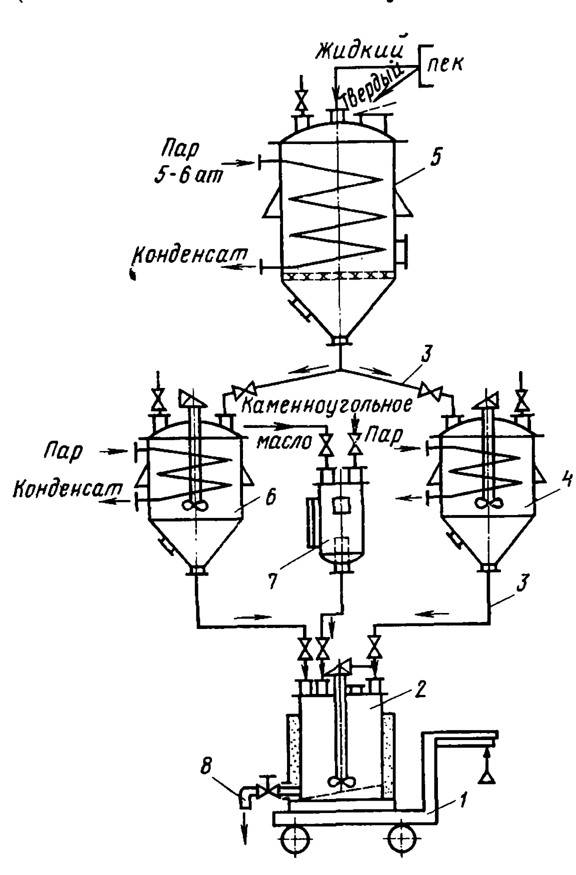


Рис. 31. Аппаратурная схема участка приготовления маслопека:

1 — весы, *2* — весовой мерник с электрообогревом, *3* — пекопроводы с обогревом, *4*, *6* — пекосмесители, *5* — пекоплавитель с решеткой, *7* — мерник для каменноугольного масла, *8* — кран для слива маслопека

Смесь каменноугольной препарированной смолы с пеком получают аналогичным образом. В пекосмеситель *4* направляют из смолоприготовительного отделения препарированную смолу. Затем в необходимых соотношениях смолу и пек сливают в весовой мерник, где их смешивают. Обычно весовое соотношение смолы к пеку составляет от 1 : 4 до 3 1.

Смолопек используют для изготовления заварок.

На предприятиях, где нет специально выделенных участков для получения маслопека и смолопека, производят раздельную загрузку каменноугольного масла, а затем пека в смеситель (см. гл. V).

Спиртовой раствор бакелитового лака приготовляют в аппаратах с мешалкой без обогрева.

Расчет количества спирта для получения требуемого количества лака с заданной концентрацией ведут по формуле

$$G_с = G_{см}\left(1 - \frac{C_м}{C_д}\right),$$

где $G_с$ — количество спирта, необходимого для растворения кГ; $G_{см}$ — количество бакелитового лака заданной концентрации, кГ; $C_м$ — требуемая концентрация спиртового раствора бакелитового лака, %; $C_д$ — концентрация имеющегося бакелитового лака, %.

При приготовлении маслопека и смеси бензола с уваренной смолой, а также спиртового раствора бакелитового лака следует помнить, что работа со связующими и растворителями вредна и огнеопасна, поэтому необходимо строго соблюдать инструкции по технике безопасности и правила обращения с огне- и взрывоопасными веществами.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяют прокаливание нефтяных и пековых коксов?
2. Назовите типы и опишите конструкции печей, применяемых для прокаливания коксов и расскажите о технологии прокаливания коксов.
3. Для чего применяют дробление и измельчение материалов?
4. Каковы способы измельчения материалов?
5. В чем состоит отличие открытого и замкнутого цикла дробления и измельчения?
6. Какие машины применяют для крупного и среднего дробления, а также размола?
7. Расскажите об устройстве шаровой мельницы и принципе ее работы.
8. Как устроены ролико-маятниковые мельницы и в чем состоит принцип их работы?
9. Каково устройство вибрационных мельниц и их назначение?
10. Что такое ситовой анализ и для чего он применяется?
11. Каково устройство вибрационных сит и как они работают?
12. Какова технология гранулирования порошковых материалов?
13. Для каких целей усредняют порошковые материалы?
14. Что вы знаете о технологии приготовления связующих?

ГЛАВА IV

РАСЧЕТ РЕЦЕПТУР И ДОЗИРОВАНИЕ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основным документом, по которому производят изготовление электроугольных изделий, является маршрутно-технологическая карта. В маршрутно-технологической карте указан рецепт изготовления смесей, порядок технологических операций переработки смесей и получения из них полуфабриката.

§ 18. ВЫБОР КОМПОЗИЦИИ, РАСЧЕТ РЕЦЕПТУР И ЗАГРУЗКИ СМЕСИТЕЛЕЙ

Выбор композиции и составление рецептур электроугольных изделий представляет собой весьма сложную задачу и требует большого опыта.

Сажепековые композиции, в состав которых входит преимущественно сажа, используют для изготовления структурированных электрощеток, отличающихся высокими коммутирующими свойствами.

Для изготовления угольно-графитных изделий (электрических углей, электрощеток) широко применяют трехкомпонентные композиции: кокс — сажа — связующее; кокс — графит — связующее и графит — сажа — связующее. Эти композиции позволяют в результате резкого различия в дисперсности порошковых материалов получать изделия с высокой плотностью и механической прочностью.

Металлографитные композиции медь — графит, медь — графит — связующее используют при изготовлении электрощеток для электрических машин низкого напряжения. Введение в такие композиции олова и свинца улучшает антифрикционные и контактные свойства изделий. Серебряно-графитные и серебряно-никелевые композиции применяют для изготовления контактов и электрощеток, отличающихся низкими значениями переходного падения напряжения.

В маршрутно-технологических картах принято несколько форм записи рецептов:

1. Количество порошков твердых компонентов принимают равным 100 вес. ч., а количество связующих указывают в весовых частях на 100 вес. ч. порошка.
2. Количество компонентов указывают в весовых процентах.
3. Количество компонентов указывают в килограммах на загрузку в смеситель (на одну заварку).
4. Количество компонентов указывают в объемных процентах.

Первую форму рецепта применяют для смесей, изготовляемых на жидком или твердом связующем.

Вторая форма рецепта является универсальной и применяется для смесей без связующих и со связующими.

Третью форму рецепта используют цеховые дозировщики для отвеса сырьевых материалов при изготовлении смесей (заварок).

Четвертую форму рецепта практически в электроугольном производстве не применяют, хотя некоторые свойства электроугольных изделий, в состав которых входят порошки, резко различающиеся по плотности (медь — графит), зависят не столько от весового, сколько от объемного соотношения компонентов.

В табл. 9 приводятся три формы записи рецепта для изготовления смеси первой стадии электрощеточного полуфабриката марки ЭГ2А.

Таблица 9

Расчет загрузки сырьевых материалов на одну заварку 1-й стадии электрощеточного полуфабриката марки ЭГ-2А

Наименование сырья	Номера технических требований	Количество, вес. ч.	Количество, %	Развеска, кг
Кокс нефтяной сырой	036	75,0	52,82	95,0
Графит	010	17,0	11,97	21,6
Отходы молотые	091	8,0	5,63	10,1
Итого порошков		100,0	70,42	126,7
Пек каменноугольный	П-1	28,0	19,72	35,5
Смола каменноугольная	С-0	14,0	9,86	17,8
Итого связующих		42,0	29,58	53,3
Всего		142,0	100,0	180,0

Если рецепт записан только по второй форме, т. е. в весовых процентах, а необходимо сделать перерасчет по первой форме, то для этого можно воспользоваться формулой

$$Y=\frac{X}{100-C}\cdot 100,$$

где Y — содержание данного компонента, вес. ч.; X — содержание данного компонента, вес. %; C — общее содержание связующих в рецепте, вес. %.

Если рецепт записан по первой форме, т. е. в весовых частях, а требуется определить количество сырья в весовых процентах, то перерасчет производят по формуле

$$X=\frac{m}{n}\cdot 100,$$

где m — количество данного компонента, вес. ч.; n — содержание всех компонентов, вес. ч.; X — содержание данного компонента, вес. %.

Пример. Содержание графита в весовых процентах рецепта по табл. 9 составит:

$$X=\frac{17}{142}\cdot 100=11{,}97\%\cong 12\%.$$

Пример. Содержание нефтяного кокса в весовых частях рецепта по табл. 9 составит:

$$Y=\frac{X}{100-C}\cdot 100=\frac{52{,}82}{100-29{,}58}\cdot 100=75{,}0 \text{ вес. ч.}$$

Весовую загрузку оборудования определяют по формуле

$$P=V\gamma_{ср},$$

где P — загрузка сырьевых материалов, кг; $\gamma_{ср}$ — средняя плотность смеси, которая для углеродистых композиций составляет 0,4—0,5 кг/л; V — рабочий (полезный) объем смесителя, л.

Рабочий объем смесителей типа СМ-400 составляет 400 л, а СМ-160—160 л.

Принимая $\gamma_{ср}$=0,45 кг/л, находим для смесителей СМ-400 загрузку $P=400\times$ $\times 0{,}45=180$ кГ.

На основании практических данных загрузка для таких смесителей в зависимости от марки колеблется от 170 до 220 кГ

Принимаем загрузку 180 кГ и по рецепту рассчитываем развеску в килограммах. Результаты расчета приведены в табл. 9.

Расчет рецепта и загрузки оборудования композиций без связующих производят аналогичным образом.

Когда подготовлены компоненты, выбрана композиция и рассчитана развеска, приступают к дозированию.

§ 19. ДОЗИРОВАНИЕ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Дозирование является ответственной операцией. Ошибка при дозировании ведет к браку заварки и всей партии материалов. Дозирование рекомендуется производить под наблюдением двух человек, один из которых контролирует работу другого и проверяет правильность взвешивания.

Дозирование порошков. Для дозирования порошков используют сотенные товарные весы и автоматические весодозаторы. Погрешность при взвешивании на таких весах не превышает ±0,5%. Для некоторых щеток цветных марок заварки отвешивают на товарных шкальных весах с допустимой погрешностью взвешивания ±0,1%.

На рис. 32 приводится схема дозирования порошков с помощью платформенных бункер-весов. Бункер-весы движутся под сортовыми бункерами *6*, которые снабжены сводоразрушителями *1* и вибраторами *2*. Порошки из бункеров выгружают через барабанные питатели *7* в весовой бункер *8*. После набора материала весовая тележка *9* направляется к месту разгрузки — провальному отверстию *10*. При подъеме запорного конуса весового бункера материал по спускной трубе ссыпается в смеситель.

Для автоматического дозирования порошковых материалов применяют автоматические весодозаторы. Автоматический весодозатор для четырех различных компонентов 4ДСС-20 относится к весовым порционным дозаторам постоянного веса с открывающимся дном. Рама весов *1* (рис. 33) представляет собой сварную конструкцию из уголков. В верхней части весов имеется четыре шнековых питателя *5*, привод которых осуществляется от двух скоростных электродвигателей *6* через редукторы.

Электродвигатели сблокированы с электрической схемой весов и работают в режиме нормальной и медленной загрузки (досыпки) порошков.

В приемной части питателей имеются шиберы *19*, перекрывающие доступ порошков из бункеров в шнеки. В выпускной горловине питателя расположены заслонки *8*, закрывающие доступ материала в переходную воронку *9*, а из нее в весовой бункер *3*, который снабжен открывающимся днищем *2*.

Головка весов 4 имеет циферблатный указательный прибор, установленный с передней стороны рамы. На одной оси со стрелкой указателя находится сельсин, с помощью которого осуществляется дистанционное управление весами с центрального пульта и задается величина отвешиваемой порции. Задание на отвес порции устанавливается для каждого компонента в отдельности.

После арретирования грузоподъемного рычага стрелка циферблатного указателя при полной выгрузке материала из весового бункера плавно возвращается в исходное нулевое положение.

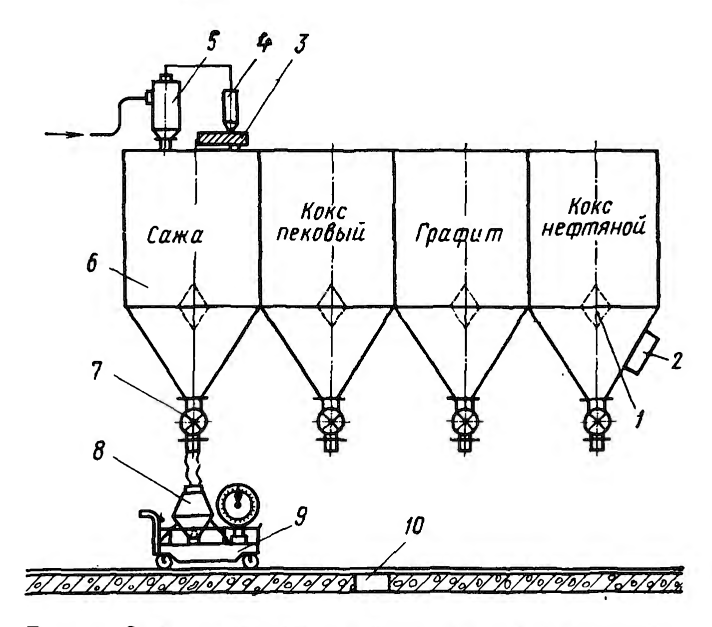


Рис. 32. Схема дозировки порошков при помощи бункер-весов:

1 — разрушители сводов, *2* — вибратор, *3* — шнек, *4* — фильтр, *5* — циклон, *6* — бункера сажи, кокса и графита, *7* — барабанный питатель, *8* — весовой бункер, *9* — весовая тележка, *10* — провальное отверстие

Работа весодозатора происходит следующим образом. Нажатием кнопки на пульте управления при помощи промежуточных реле весы включают в работу. При этом открывается заслонка питателя *8* и включается на большие обороты электродвигатель. Шнековый питатель начинает подавать материал через воронку в весовой бункер. По мере заполнения бункера материалом он начинает опускаться вниз. Когда бункер заполнится на 80—90% веса заданной порции, срабатывает контакт грубого веса, а при помощи промежуточных реле электродвигатель *6* переключается с 3000 на 750 об/мин, т. е. на режим досыпки, и, таким образом, резко замедляется поступление порошков в весовой бункер — дозатор. При достижении в бункере веса материала, равного заданному, сраба-

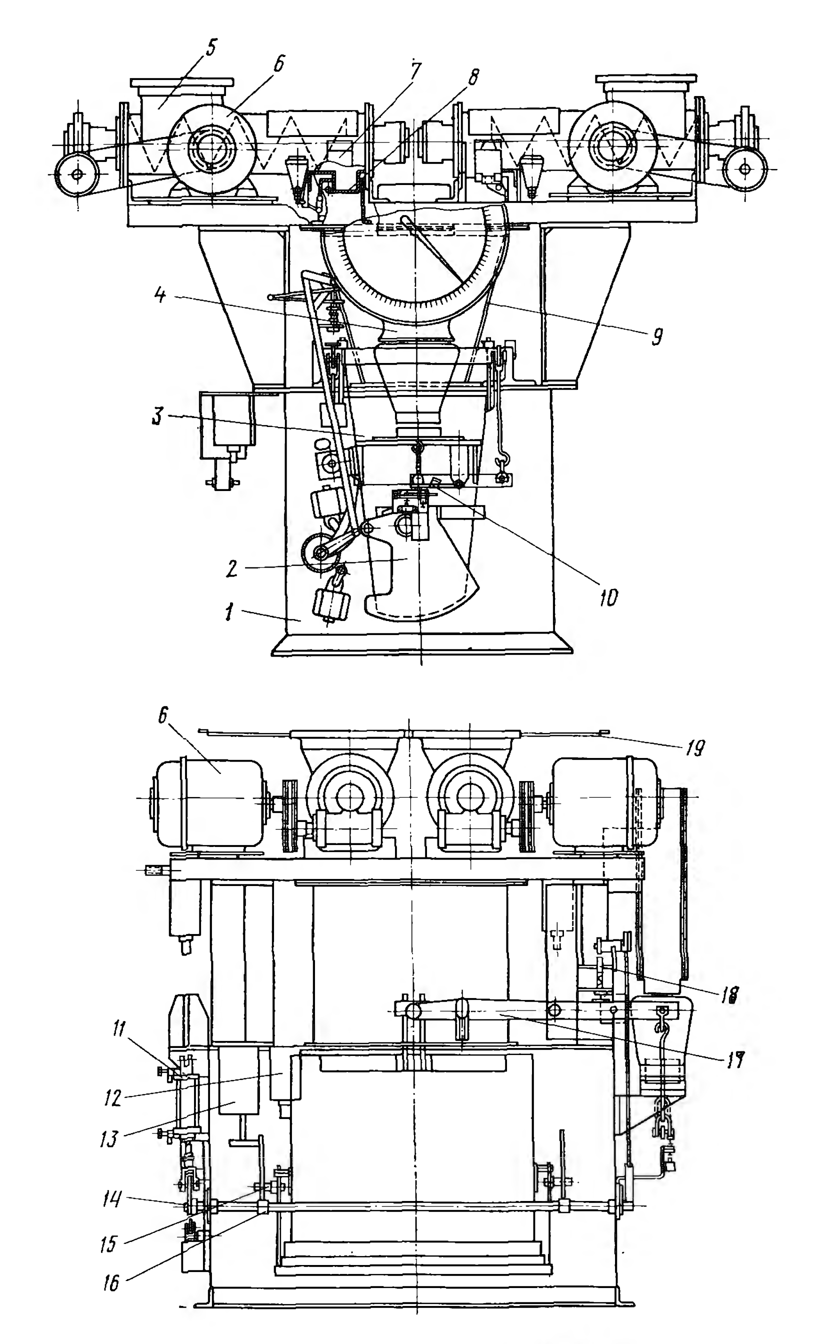


Рис. 33. Устройство весодозатора 4ДСС-20:

1 — рама весов, *2* — днище, *3* — весовой бункер, *4* — головка весов, *5* — шнековые питатели, *6* — электродвигатели, *7* — выключатель, *8* — заслонка, *9* — переходная воронка, *10*, *15* — ролики, *11* — пневматический цилиндр, *12*, *13* и *18* — электровоздушные клапаны, *14* — вал, *16* — рычаги, *17* — грузоподъемный рычаг, *19* — шиберы

тывает контакт точного веса, останавливается двигатель, закрывается заслонка *8*, прекращается поступление материала в шнековые питатели. При закрытии заслонки замыкается блокировочный конечный выключатель *7*, при этом включаются электровоздушные клапаны *12, 13* и *18*, которые при помощи пневматического цилиндра поворачивают вал *14*; рычаги *16* открывают днище весового бункера.

На раме весов имеется механизм, предназначенный для арретирования грузоподъемного рычага *17* при открытии днища весового бункера.

Отвешенная порция материала выгружается с весов в приемник; когда весовой бункер полностью опорожнился, стрелка циферблатного указателя плавно возвращается в нулевое положение, замыкая контакт «нуль положения». После этого днище бункера закрывается под собственным весом.

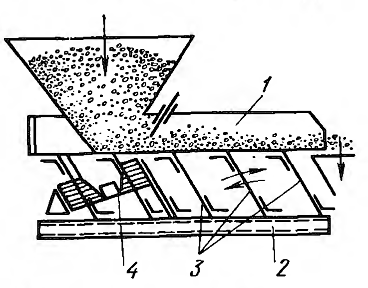


Рис. 34. Электромагнитный вибрационный питатель:

1 — лоток, *2* — рама, *3* — пружинные стойки, *4* — электромагнитный вибратор

Питатель весов может включиться только тогда, когда днище весового бункера стало точно на свое место. Таким образом, весы подготовлены для взвешивания второго компонента и т. д. Описанным методом производят последовательную дозировку всех четырех компонентов.

Электрическая схема позволяет управлять процессом взвешивания автоматически. При необходимости можно перевести работу весов на ручное управление.

Производительность весов при дозировании углеродистых компонентов составляет 250—300 кг/ч, точность дозирования $\pm 1\%$.

Устройство весов 4ДПК80 аналогично устройству весов 4ДСС-20, однако весы 4ДПК80 позволяют за один прием взвешивать порцию материала в 80 кг. Для безотказной работы эти весы требуют внимательного ухода.

Воздух, который подается в весодозатор, должен быть свободен от влаги и масла. Электрическая схема весов и ее элементы, а также механизмы весов должны один раз в неделю подвергаться осмотру и профилактическому ремонту.

Надежно работающие дозаторы для непрерывного дозирования тонкодисперсных порошковых материалов до сих пор не созданы. Поэтому используют более простые дозаторы-питатели вибрационного типа (рис. 34) и винтовые. Такие дозаторы применяют при наличии постоянной насыпной массы порошков.

Дозирование связующих. Дозирование связующих производят, как правило, весовым методом путем отвеса необходимого количества связующих на технических весах.

За последние годы разработаны автоматические дозаторы для дозирования каменноугольной смолы и пека в горячем состоянии при температуре до 140° С.

Дозатор рассчитан на взвешивание порций от 5 до 20 кг; время одного взвешивания порции составляет до 2 мин.

Контрольные вопросы

1. Что такое композиция и какие виды композиций применяют для производства электроугольных изделий?
2. Что называется рецептом? Назовите основные формы записи рецепта.
3. Как производят расчет загрузки смесителей?
4. Как дозируют порошкообразные материалы и связующие вещества?
5. Расскажите об устройстве питателей и автоматических весов 4ДСС-20.

ГЛАВА V

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПРЕССОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Приготовление прессовочных смесей заключается в смешении подготовленных и отвешенных по рецепту компонентов. На этом этапе технологического процесса начинают формироваться будущие свойства и структура готовых изделий.

Прессовочные смеси могут быть предназначены для выдавливания через мундштук различных углей и стержней, а также для изготовления из них (путем охлаждения, вальцевания, размола и просева) пресс-порошков, из которых путем прессования в пресс-форме получают блоки, плиты, кольца разных размеров.

§ 20. СМЕШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Смешение материалов. Процесс смешения материалов может происходить в твердой (смешение одного порошка с другим), жидкой (смешение двух различных жидкостей) и вязкой пастообразной средах (смешение твердых порошковых веществ с жидким связующим).

Основной задачей процесса смешения является равномерное распределение исходных материалов и получение гомогенных однородных смесей. Под гомогенными понимают такие смеси, когда пробы, взятые из любого места смеси, имеют практически одинаковые физико-химические, технологические и другие свойства.

Для обеспечения процесса смешения необходимо приложить к материалам внешние силы, которые вызовут перегруппировку частиц или объемов и произойдет взаимное проникновение их.

На качество смешения в вязкой пастообразной среде большое влияние оказывает смачивание порошковых веществ жидким связующим.

Различают полное смачивание, когда избыток жидкости безгранично растекается по поверхности порошка; частичное — жидкость только частично растекается по поверхности; несмачивание — капля жидкости не растекается по поверхности твердого тела, например, ртуть по стеклу.

Все вещества по смачиваемости делят на две группы: гидрофильные — они лучше смачиваются водой, чем жидкими углеводородами; гидрофобные или олеофильные — они полохо смачиваются водой и хорошо жидкими углеводородами. Гидрофильные вещества в некоторой степени обладают и гидрофобностью. Чтобы улучшить смачивание, порошковые материалы предварительно обрабатывают поверхностно-активными веществами, а сам процесс смешения ведут при нагреве.

В результате смешения порошков со связующим частицы образуют пространственную сетку (рис. 35), в которой каждая из них

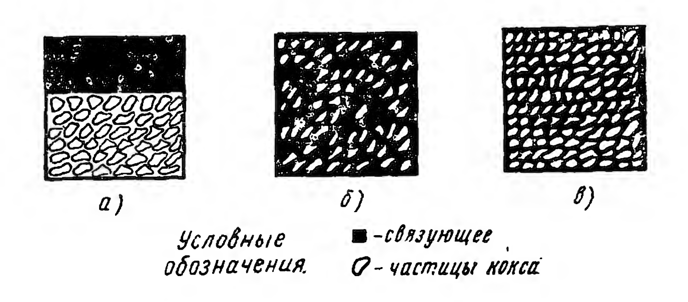


Рис. 35. Распределение жидкого связующего между частицами кокса в пробах, взятых в разное время от начала смешения:

а — начальное состояние, *б* — неравномерное распределение компонентов, *в* — равномерное распределение компонентов

контактирует с соседними через тончайшие прослойки связующих толщиной в сотые доли миллиметра. Такие смеси называют высоконаполненными. Образованию их способствуют следующие факторы: оптимальное количество в рецепте связующего, интенсивное перемешивание и хорошее смачивание порошков связующим.

Процесс смешения зависит от конструкции смесителя, количественного соотношения между составными компонентами смеси и их плотностью, степени заполнения объема смесителя, размера и формы частиц, влажности и способности комкования, коэффициента трения и т. д.

Различают смесители для смешения жидких, порошкообразных материалов, а также особо вязких и тяжелых пастообразных масс.

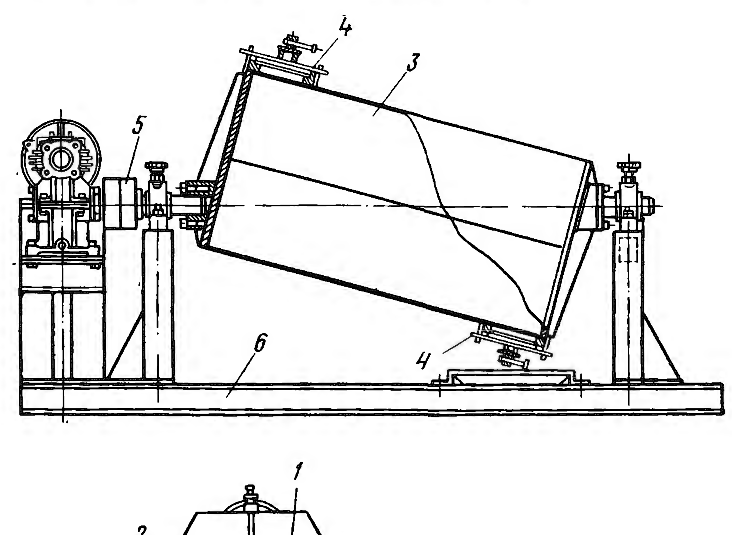
Смесители могут быть периодического и непрерывного действия.

Смесители для порошкообразных материалов. Наибольшее распространение из-за своей простоты получили смесовые барабаны с диагональным расположением оси — «пьяные бочки» (рис. 36).

Смеситель такой конструкции представляет собой шестигранный или квадратный (реже цилиндрический) барабан *3* с углом наклона 20° Число оборотов таких смесителей обычно составляет 50—55 в минуту. Загрузку материалов и выгрузку готовых смесей производят через люк *4*. Смешение происходит в результате беспоря-

дочного перебрасывания порошков и соударения их о стенки аппарата.

Порошки сначала более легкие — графит, затем более тяжелые — медный, оловянный и свинцовый загружают в количестве, не превышающем $^1/_3$ объема смесового барабана.



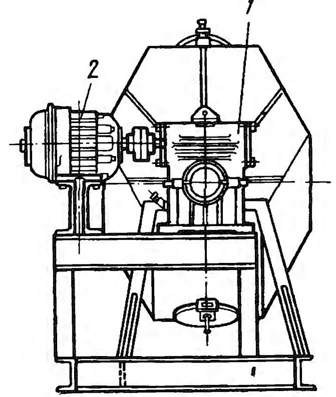


Рис. 36. Барабанный смеснтель, с днагонально расположенной осью:

1 — редуктор, *2* — электродвигатель, *3* — барабан, *4* — загрузочный и выгрузочный люкн, *5* — муфта, *6* — рама

Такой порядок загрузки обеспечивает более однородное перемешивание материалов. Смешение завершается быстро, в течение 30—40 мин, хотя практически процесс смешения неоправданно удлиняют до 3—4 ч.

Наиболее совершенным аппаратом для перемешивания порошковых материалов являются центробежные смесители МИХМа (рис. 37) с рабочей емкостью 120 л.

Смеситель состоит из конического корпуса, рабочего конуса, тормозящих лопастей, привода. Через люк *21* загружают порошко-

вые материалы, которые попадают во вращающийся конус *16* и под влиянием центробежной силы поднимаются вверх.

Часть материала сбрасывается щетками *8* и *12* вниз, другая выбрасывается через конус в кольцевое пространство между конусом и корпусом смесителя. Здесь материал опускается вниз и стремит-

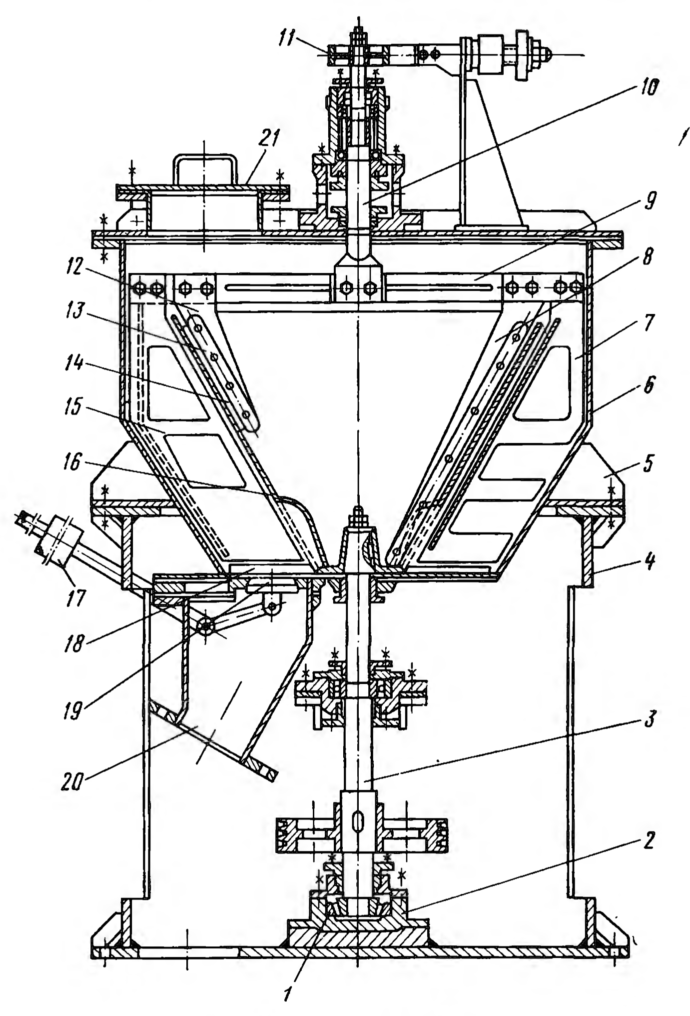


Рис. 37. Центробежный смеситель:

1 — подшипник, *2* — подпятник, *3* и *10* — валы, *4* — станина, *5* — опора, *6* — корпус, *7*, *15* — лопасти, *8*, *12* — ножи-щетки, *9* — рама, *11* — шкив, *13* — накладка, *14* — резина, *16* — конус, *17* — груз, *18* — скребок, *19* — клапан, *20* — выгрузочный штуцер, *21* — люк

ся вращаться с конусом, чему препятствуют тормозящие лопасти *7* и *15*. В самой нижней части материал через окна в конусе снова попадает на его внутреннюю поверхность и поднимается вверх.

Таким образом осуществляется интенсивная циркуляция материала внутри аппарата; пути движения частиц различных компонентов перекрещиваются, что создает благоприятные условия для смешивания. Из-за сильной циркуляции наблюдается небольшой нагрев смешиваемого материала. Время, необходимое для смешивания компонентов, не превышает 15—20 мин.

Для смешения больших объемов порошковых материалов применяют то же оборудование, что и для усреднения.

Вибрационные мельницы — смесители. Вибрационные мельницы (см. рис. 22, гл. III) способны не только измельчать материалы, но и хорошо их смешивать. В производстве электроугольных изделий вибрационные мельницы различного объема применяют для совместного размола и смешения высокотемпературного пека с сажей, а также металлических порошков с графитом.

Смесь 6 5 4 3 2 7 а) 1 б)

Рис. 38. Схематическое устройство смесителя с Z-образными лопастями:

а — вид с торца, б — форма лопастей; 1 — рубашка, 2 — корыто, 3 — боковые стенки, 4 — крышка, 5 — лопасти, 6 — штуцер, 7 — гребень

Лопастные смесители с Z-образными лопастями. Смесители этого типа с паровым, водяным или электрическим обогревом являются основными, применяемыми в электроугольном и электродном производстве для смешения порошков со связующими. Схематическое устройство такого смесителя приведено на рис. 38.

Смеситель представляет собой стальное корыто 2, дно которого состоит из двух полуцилиндров. В месте сопряжения полуцилиндров образуется седло или гребень 7. Две лопасти в форме буквы Z вращаются навстречу друг другу «на гребень». Корыто имеет боковые и торцовые стенки, а также рубашку для обогрева. Загруженные в смеситель порошки и связующие попадают под действие вращающихся лопастей. Лопасти 5 поочередно прижимают массу к седлу корыта, на котором она разрезается. Часть ее опускается вниз, сдвигается лопастью к торцу корыта, поднимается вверх и сдвигается к центру. Другая часть массы, которая вышла из сферы действия первой лопасти, подхватывается второй лопастью, сдвигается к другому торцу, поднимается вверх, сдвигается к центру и т. д.

Таким образом, при вращении лопастей возникают силы, направленные внутрь объема смеси. Смешение со связующим в смесителе достигается комбинацией сдавливания, вминания, сдвига, намазывания, деления, складывания.

Для эффективности смешения необходимо, чтобы уровень загрузки порошками был на 150—200 мм выше лопастей.

Чтобы при смешении разрезанные на седле массы не встречались, число оборотов лопастей делают нечетным.

Выгружают смесь из аппарата путем опрокидывания корыта вокруг оси одной из лопастей на угол 120°.

На рис. 39 приведена конструкция современного смесителя с Z-образными лопастями рабочим объемом 400 л. Смеситель состоит из станины, корыта, привода смесителя, системы электрообогрева, маслостанции, пульта управления. Для контроля температуры в «гребне» корыта установлена хромель-капелевая термопара. Привод гидроцилиндров осуществляется от отдельной насосной маслостанции. Золотниковый распределитель служит для управления подъемом и опусканием корыта и крышки смесителя.

Смесители с Z-образными лопастями применяют с рабочим объемом 50, 100, 400 и 2000 л.

Выгрузка массы из смесителей 2000 л производится через два боковых люка, которые расположены в нижней части неподвижного корыта.

Режим смешения в смесителях с Z-образными лопастями зависит от состава композиции и устанавливается опытным путем.

Существует три основных режима смешения:

1) для электрических углей;

2) для электрощеток и других угольно-графитных материалов;

3) для металлографитных композиций.

Режим получения смесей для электрических углей включает в себя смешение при нагреве в течение 30—40 мин углеродистых порошков, а затем смешение этой порошковой смеси со связующим смолопеком. Процесс смешения длится 1,5—2 ч, его ведут в смесителе с закрытой крышкой. Смесь из смесителя после окончания процесса выгружают и направляют на вальцевание или обработку в бегунах.

Режим смешивания углеродистых масс для электрощеток и других угольно-графитных изделий, которые прессуют в пресс-формах, отличается тем, что полученные смеси порошков со связующими в тех же смесителях подвергают сушке или выпариванию.

В процессе сушки из связующих удаляется излишнее количество летучих компонентов, так как иначе они будут выделяться при обжиге и вызывать трещины и вспучивание изделий.

Сушку ведут при открытой крышке смесителя, а выделяющиеся летучие удаляются в вентиляцию. Время сушки составляет 2—6 ч. Некоторые смесители имеют в крышке специальный штуцер для отсасывания летучих. Во время сушки такие смесители должны быть закрыты крышкой. К концу сушки температура смеси устанавливается 110—140° С. После сушки смесь выгружают, охлаждают, а затем размалывают для получения пресс-порошка.

Смешение металлографитных композиций со связующими проводят при более низкой температуре (60—80° С). Металлические порошки, как правило, до загрузки связующих не подогревают во избежание их окисления.

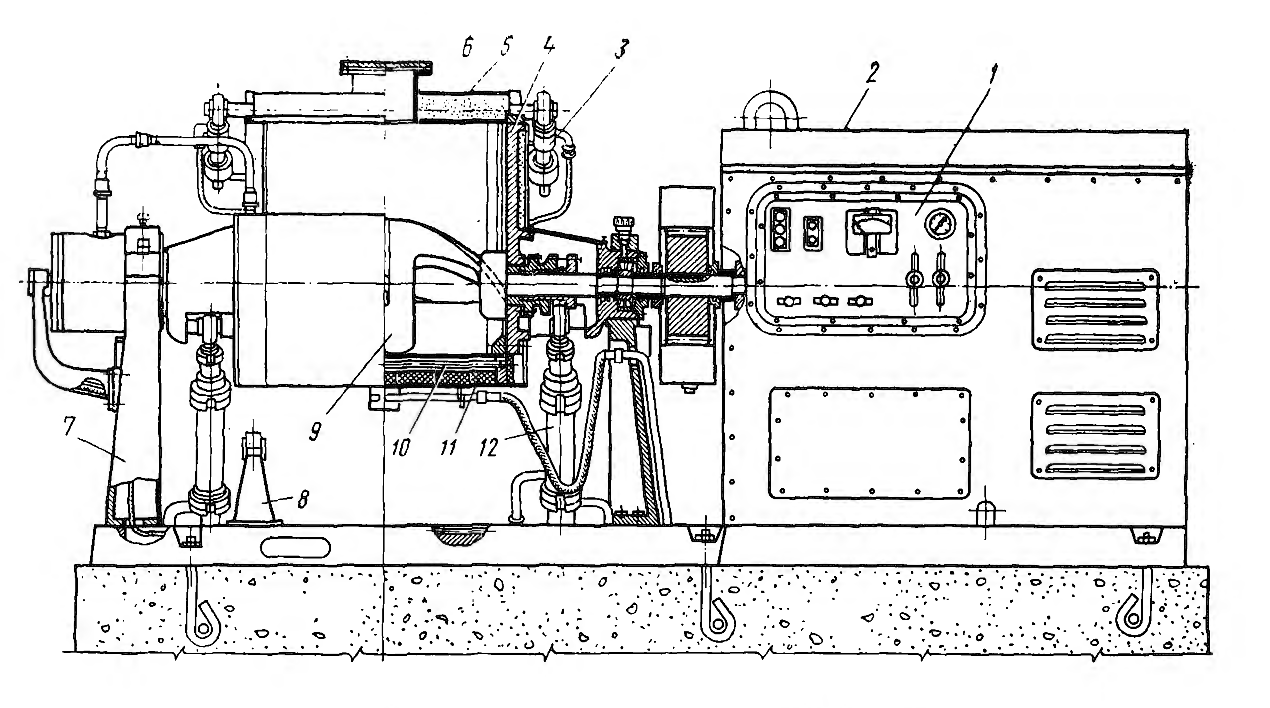


Рис. 39. Смеситель с электрическим обогревом СМ-400ЭМ:

1 — пульт управления, *2* — станция привода смесителя и гидроцилиндров, *3* — гидроцилиндры подъема крышки, *4* — корыто смесителя, *5* — крышка, *6* — люк, *7* — станина смесителя, *8* — ограничитель поворота, *9* — лопасть Z-образной формы, *10* — электронагреватель, *11* — теплоизоляция, *12* — гидроцилиндры подъема корыта

Готовность смесей определяют по содержанию в них летучих или растворимых веществ, в бензоле или толуоле или с помощью метода конического пластометра. Этот метод заключается в измерении глубины погружения в смесь под нагрузкой конуса определенной формы.

§ 21. ВАЛЬЦЕВАНИЕ

Полученные после смешения в смесителях смеси содержат некоторое количество глобул-комочков, состоящих из сухих порошков, обволоченных снаружи пленкой связующего. Поэтому многие типы смесей, предназначенных для углей и угольно-графитных материалов, подвергаются вальцеванию. При обработке на вальцах смесь уплотняется, из нее удаляется воздух и часть летучих, связующее лучше распределяется и сцепляется с поверхностью зерен, разрушаются глобулы, и смесь в целом становится более гомогенной.

При рассмотрении схемы вальцевания (рис. 40) можно выделить три зоны.

В первой зоне (до входа смеси в зазор) происходит перемешивание вследствие различия окружных скоростей валков и трения материала об их поверхность.

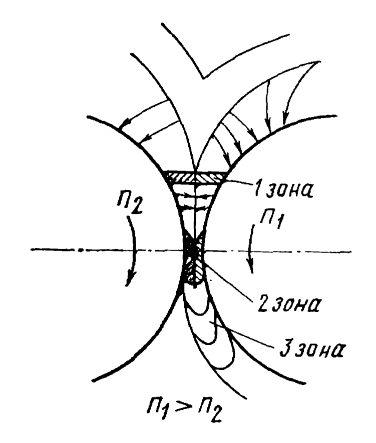


Рис. 40. Схема вальцевания массы на вальцах:
n_2 — скорости вращения валков

Во второй, основной зоне, куда масса втягивается под действием сил трения, смесь подвергается сильному сдавливанию и сдвигу, что в сочетании с нагревом способствует уплотнению массы и перераспределению связующего.

В третьей зоне масса, выходящая из зазора, уже не испытывает усилия сдавливания и срезается ножом с валка, вращающегося с большой окружной скоростью n_1, на который она налипает (температура валков одинакова).

Для вальцевания углеродистых смесей применяют двухпарные вальцы с паровым и электрическим обогревом.

Вальцы с электрическим обогревом БВ-800Э (рис. 41) имеют два чугунных валка *9* с отбеленной поверхностью. Валки вращаются навстречу друг другу в подшипниках скольжения *4*. Задний валок неподвижен, а передний (для изменения зазора) с помощью упорного винта *11* и маховика *12* может передвигаться. Вращение от заднего валка к переднему передается через шестерни. Отношение числа оборотов валков (фрикция) составляет 1 1,25.

Валки нагреваются трубчатыми электрическими нагревателями, которые помещены в центре валков и вращаются вместе с ними. Трубчатые электронагреватели соединены в три секции, выводы от которых подключены к трем контактным кольцам *7* (рис. 42), через

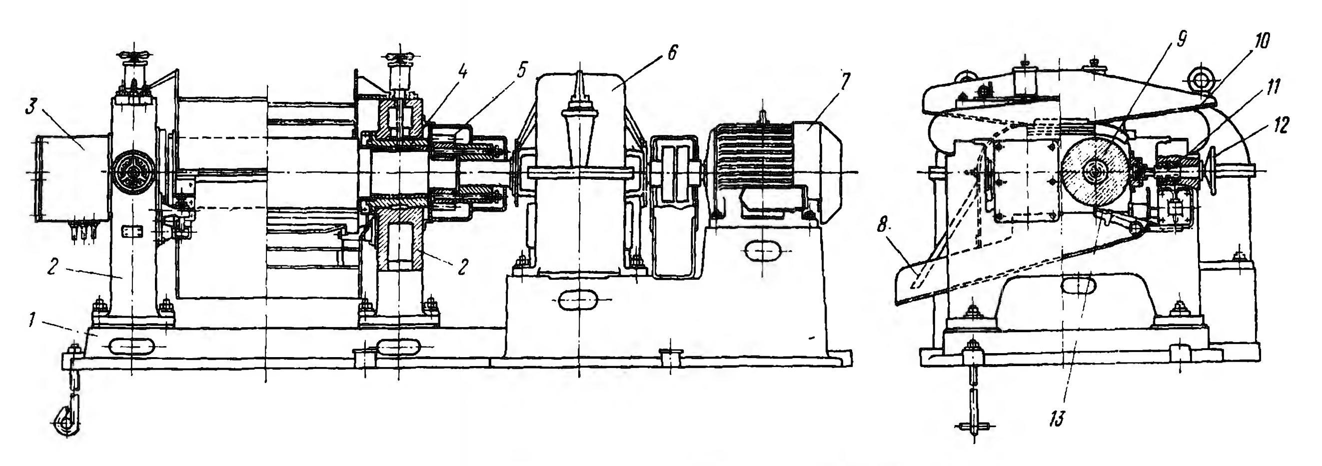


Рис. 41. Вальцы с электрическим обогревом БВ-800Э:

1 — станина, *2* — боковая стойка, *3* — коробка с электрическими щетками, *4* — подшипник, *5* — шестерня, *6* — редуктор, *7* — электродвигатель, *8* — приемная течка, *9* — чугунный валок, *10* — загрузочный бункер, *11* — упорный винт, *12* — маховик для регулировки зазора, *13* — нож для срезания массы

которые с помощью электрощеток подводится переменный электрический ток напряжением 36 В. Рабочая температура валков составляет 200° С.

Более совершенную конструкцию имеют вальцы с механизированной загрузкой вальцуемой смеси ⌀ 550×800 (рис. 43). Эти вальцы рассчитаны на работу с жесткими смесями и могут обеспечить распорные усилия до 2000 кГ/см и работать при температуре нагрева до 300° С.

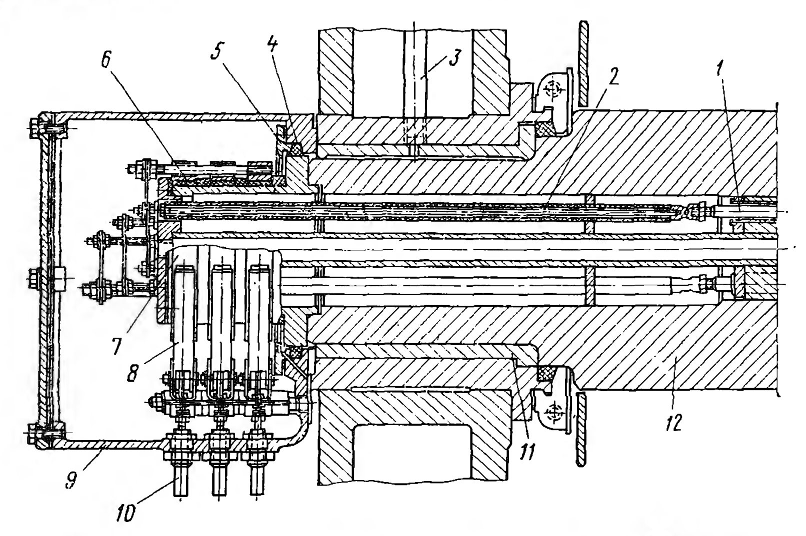


Рис. 42. Устройство электрического обогрева вальцов БВ-800Э:

1 — электронагреватель, *2* — удлиняющий провод, *3* — подвод смазки, *4* — сальник, *5* — уплотняющий фланец, *6* — текстолитовое кольцо, *7* — контактное бронзовое кольцо, *8* — щеткодержатель с электрощеткой, *9* — коробка, *10* — подвод электропитания, *11* — подшипники, *12* — валок

Вальцы снабжены загрузочным бункером *4* и питателем *5*. Для улучшения питания к загрузочному бункеру прикреплен вибратор. Подъем и загрузку в бункер производят ковшом *6*, который поднимается вверх по направляющим.

Техническая характеристика вальцов приведена в табл. 10.

Основными параметрами, которые определяют качество вальцевания, являются: температура валков, величина зазора между валками и кратность вальцевания.

Температура нагрева валков при вальцевании составляет 105—160° С для смесей, содержащих в качестве связующих смолопек или чистый пек; 260—290° С для смесей, приготовленных на высокотемпературном пеке. Температура валков не должна отличаться более чем на ±5° С.

Зазор между валками должен быть постоянен по всей длине валков и не превышать 1—1,5 мм; повышенный или неодинаковый по длине валков зазор ухудшает однородность провальцованной смеси. Кратность вальцевания обычных смесей составляет от одно-

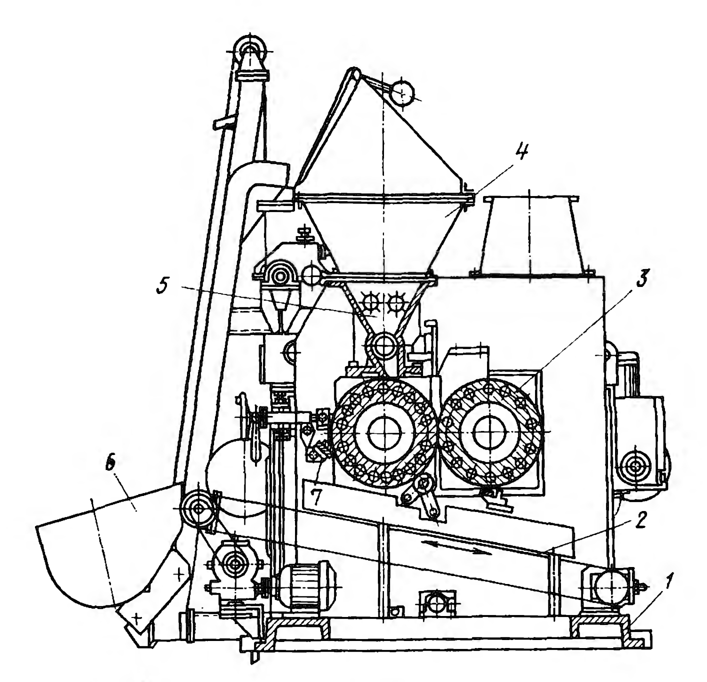


Рис. 43. Механизированные вальцы для электроугольных смесей:

1 — станина, *2* — ленточный транспортер, *3* — чугунные валки с электронагревателями, *4* — загрузочный бункер, *5* — питатель, *6* — ковш, *7* — нож для срезания массы

Таблица 10

Техническая характеристика вальцов для вальцевания углеродистых смесей

Наименование показателя	Тип вальцов	
	Б8-800Э	⌀ 550×800
Производительность, кг/ч	40—60	100—120
Количество валков	2	2
Диаметр валков, мм	300	550
Длина рабочей части валков, мм	800	800
Окружная скорость валков, м/мин:		
переднего	26,9	19,5
заднего	29,7	23,5
Рабочая температура поверхности валков, °С	200	300
Мощность электродвигателя, кВт	14,0	76,0
Мощность нагревателей, кВт .	13,5	36,0
Напряжение нагревателей, В	36	38/65
Габариты, м:		
длина	3,36	3,300
высота .	1,35	3,065
Масса, кГ	6100	19 332

го до двух раз, а смесей, содержащих высокотемпературный пек, — от двух до четырех. Излишнее увеличение кратности вальцевания или работа при повышенных температурах приводит к пересыханию и потере пластичности смеси. Из таких смесей может в дальнейшем получиться полуфабрикат с пониженной твердостью и прочностью.

До начала вальцевания вальцы очищают от посторонней массы, проверяют с помощью лучковой термопары, термометром или по приборам температуру нагрева, затем устанавливают необходимый зазор.

Вальцеванию подвергают неостывшие смеси после выгрузки их из смесителя. Для этого массу небольшими порциями загружают в вальцы. Провальцованная масса в виде тонкой ленты или листов собирается в течке и оттуда в противень. При двукратном вальцевании массу два раза пропускают через вальцы.

В процессе вальцевания периодически контролируют толщину провальцованной смеси, плотность и однородность. Наличие мелочи или слоистости свидетельствует о недостаточной провальцовке смеси.

На механизированных вальцах (см. рис. 43) вальцуют холодную или уплотненную шихту, предназначенную для сажевых электрощеток. Вальцевание производят следующим образом.

Шихту в количестве 40—45 кг загружают с помощью ковша в бункер, после чего включается в работу питатель. Питатель так отрегулирован, чтобы при его работе на поверхности валков всегда находился определенный запас смеси.

Провальцованная первый раз смесь в виде пластин срезается ножом с заднего валка, падает на транспортер и подается снова в ковш. Когда вся смесь провальцована, ковш подает ее на вторичное вальцевание в бункер и т. д.

После трехкратного вальцевания переключают направление движения транспортера и провальцованная четвертый раз масса в виде ленты выходит из вальцов. Хорошо провальцованная масса не имеет слоистости, вздутий и обладает хорошей прочностью на излом.

Шнековые смесители. Смесители с Z-образной лопастью и вальцы являются в основном аппаратами периодического действия и не позволяют процесс смешения вести в непрерывном режиме. Непрерывность процесса смешения углеродистых порошков со связующим достигают на шнековых смесителях.

Устройство двухшнекового смесителя приведено на рис. 44. Два взаимозацепляющихся шнека *8*, *14* вращаются в чугунном разъемном корпусе с обогревом. Внутренняя часть корпуса *10* для износоустойчивости изготовлена из легированной стали. Шнеки делают составными, они имеют однозаходную или двухзаходную червячную резьбу специального профиля. В средней части шнеков есть участки с двумя или тремя витками обратного направления. За счет торможения продвижения массы витками обратного направления создаются благоприятные условия для улучшения смешения, пере-

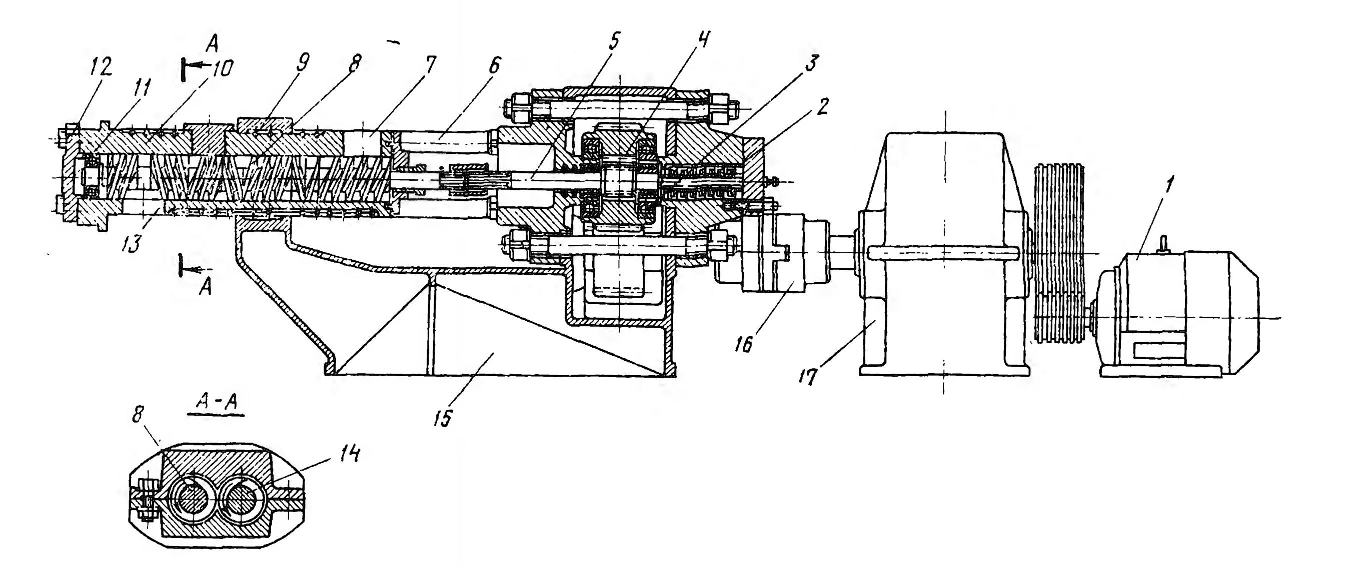


Рис. 44. Двухшнековый смеситель СН-139:

1 — электродвигатель, *2* — гребенчатая пята, *3, 11* — подшипники, *4* — раздвоитель, *5* — рабочий вал, *6* — стяжная колонна, *7* — загрузочное отверстие, *8, 14* — шнеки, *9* — электронагреватель, *10* — корпус, *12* — торцевая крышка, *13* — выгрузочный люк, *15* — станина, *16* — муфта, *17* — редуктор

тирания и сдавливания, что обеспечивает хороший контакт порошков со связующим. Осевые давления воспринимаются упорной гребенчатой пятой *2*. Раздвоитель *4* передает вращение от редуктора *17* на два шнека. Нагрев шнековых смесителей производят с помощью пара, органических теплоносителей или электрическим током.

Двухшнековый смеситель *9* входит в состав установки (рис. 45), состоящей из дозаторов *6*, транспортного шнека *7* и подо-

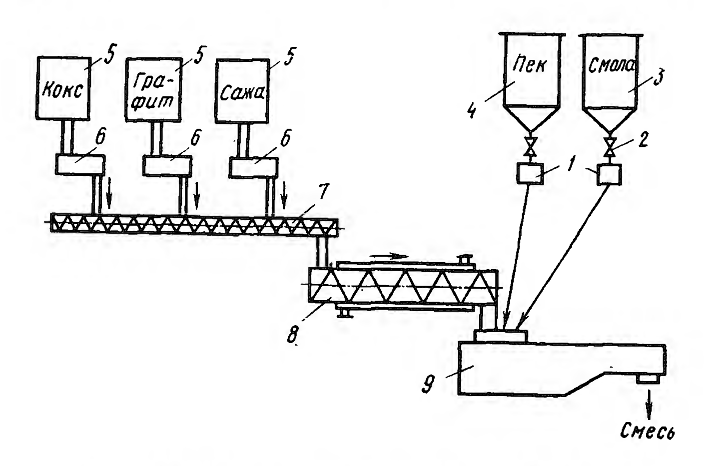


Рис. 45. Схема установки двухшнекового смесителя:

1 — дозаторы, *2* — вентиль, *3* — емкость для смолы, *4* — емкость для пека, *5* — сортовые бункера, *6* — дозаторы, *7* — транспортный шнек, *8* — подогреватель порошка, *9* — двухшнековый смеситель

гревателя порошков *8*. Порошки коксов, графита, сажи непрерывно дозируются и поступают в транспортный шнек, который их перемещает в подогреватель *8*. Там порошки нагреваются до 120—140° С и направляются в двухшнековый смеситель.

§ 22. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПРЕССОВОЧНЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ В ПРЕСС-ФОРМЕ

Приготовление прессовочных порошков является завершающей стадией приготовления прессовочных смесей.

Характер операций приготовления пресс-порошков из смесей зависит от рецептуры и способа смешения компонентов. Смеси, приготовленные без связующих, подвергают только просеву, в результате получают пресс-порошок. Смеси, содержащие связующие, после смешения вальцуют, охлаждают, размалывают; ряд смесей охлаждают и просеивают или охлаждают, а затем размалывают.

Прессовочные порошки усредняют с целью укрупнения партий и стабилизации их свойств. Для усреднения используют смесовые барабаны (см. рис. 28). После усреднения прессовочные порошки

хранят в отдельных помещениях строго по партиям. Качество пресс-порошков должно соответствовать техническим условиям.

К основным свойствам пресс-порошков относятся: гранулометрический состав, насыпная масса (насыпной вес), химический состав (для порошков, содержащих металлические компоненты), содержание летучих, зольных примесей, влаги.

Отклонение ситового состава пресс-порошков, в особенности при увеличенном содержании в них наиболее мелких фракций, вызывает большие колебания твердости и изменение других свойств изделий. Это объясняется тем, что наиболее мелкие частицы сильно влияют на текучесть пресс-порошков, легко образуют рыхлые структуры, препятствующие плотной упаковке и равномерному распределению частиц при прессовании. Пресс-порошки некоторых марок подвергают специальному просеву через мелкие сетки с целью освобождения их от наиболее тонких пылевых фракций.

Пресс-порошки получают путем размола смеси на хорошо охлаждаемых шаровых ролико-маятниковых мельницах с воздушной сепарацией, молотковых дробилках ДМ-300, а также дезинтеграторах (см. гл. III, § 12).

Большое влияние на структуру готовых изделий оказывает форма зерен пресс-порошков (см. рис. 13). При измельчении пресс-порошков в ударных мельницах получаются зерна с острыми краями, а в мельницах раздавливающего и истирающего действия — зерна с округлыми краями.

Насыпная масса является важной характеристикой технологических свойств прессовочных порошков. Она зависит от ситового состава, формы зерен и текучести пресс-порошков. Чем тоньше размол пресс-порошков, тем меньше насыпная масса и хуже текучесть.

Из мелких пресс-порошков получаются изделия с более высокой твердостью и прочностью, чем из крупных; они требуют повышенного давления прессования. Крупные пресс-порошки лучше прессуются, но из них получаются изделия с более крупными порами, меньшей твердостью и прочностью. Поэтому необходимо, чтобы пресс-порошки в зависимости от марки имели определенное сочетание крупных, средних и мелких фракций.

Содержание летучих является другим важным показателем технологических свойств прессовочных порошков. Этот показатель характеризует насыщенность их связующим и позволяет судить об их пластичных свойствах и формуемости пресс-порошков. Из пресс-порошков с пониженным (против нормы) содержанием летучих получают рыхлый и недостаточно твердый полуфабрикат. При повышенном (против нормы) содержании в пресс-порошках летучих следует опасаться появления в обжиге трещин, вздутий и других дефектов; обожженный полуфабрикат имеет повышенную твердость и прочность.

В практике для стабилизации свойств принято смешивать пресс-порошки с пониженным и повышенным содержанием летучих; таким образом добиваются стабилизации свойств готовой продукции.

Длительное хранение прессовочных порошков, содержащих порошки графита, меди, свинца, олова, приводит к окислению и сегрегации, т. е. разделению порошков по плотности и нарушению однородности. Для обеспечения стабильных свойств пресс-порошки следует хранить в отапливаемом помещении при температуре 18—25° С. Если температура более низкая, то пресс-порошки становятся недостаточно пластичными.

Некоторые зарубежные фирмы подогревают пресс-порошки перед прессованием, что обеспечивает получение равноплотных изделий со стабильными свойствами.

§ 23. КОНТРОЛЬ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПРЕССОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Контроль процесса смешения производится в соответствии с методиками, указанными в технологических картах.

Пресс-порошки контролируют по ситовому составу, насыпной массе, содержанию влаги, зольных примесей, летучих, по химическому составу.

Обычно содержание летучих в пресс-порошках композиции сажа — графит, сажа — пек находится в пределах 14—16%, композиции сажа — кокс — пек — 18—23%, композиции кокс — графит — 17—20%, а влаги не больше 0,1—0,5%.

Часто при производстве электрощеток, электрометаллокерамических контактов, магнитов и других изделий в отечественной и зарубежной практике прибегают к технологическому опробованию смесей. С этой целью из пробы, отобранной от смеси или партии пресс-порошка, приготовляют согласно технологической карте образцы изделий, так называемые свидетели. По их свойствам и структуре делают заключение о пригодности всей смеси или партии пресс-порошков. При положительных результатах партия пресс-порошков направляется на дальнейшую переработку, при отрицательных либо производят корректировку связующего или других компонентов и доработку смеси, либо ее окончательно бракуют.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой процесс смешения?
2. Каковы основные закономерности и факторы, влияющие на процесс смешения?
3. В чем заключаются особенности процесса смешения порошкообразных материалов со связующими веществами?
4. Расскажите об устройстве смесителей для смешения порошкообразных материалов со связующими и о технологии смешения.
5. Для чего применяют вальцевание и каково устройство вальцов?
6. Как устроены шнековые смесители и какой их принцип работы?
7. Расскажите о технологии приготовления пресс-порошков.
8. Какие основные свойства и требования предъявляются к качеству пресс-порошков?

ГЛАВА V

ПРЕССОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 24. МЕТОДЫ ПРЕССОВАНИЯ

Для получения полуфабриката и готовых изделий заданных форм и размеров прессовочные смеси подвергают прессованию. Прессование пресс-порошков производят в пресс-формах, а смесей — выдавливанием через мундштук. Применяется также метод гидростатического прессования.

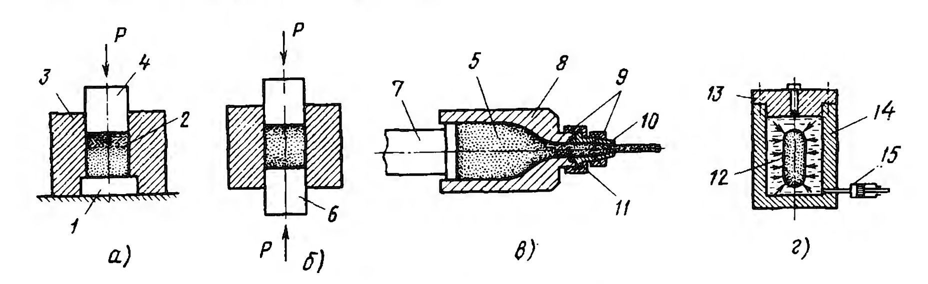


Рис. 46. Схемы прессования:

а — одностороннее прессование в пресс-форме, *б* — двухстороннее прессование в пресс-форме, *в* — выдавливание через мундштук, *г* — гидростатическое прессование; *1* — упорная плита, *2* — пресс-порошок, *3* — матрица, *4* — верхний пуансон, *5* — кулич, *6* — нижний пуансон, *7* — пресс-штемпель, *8* — горловина, *9* — накидные гайки, *10* — мундштук, *11* — переходник, *12* — резиновая оболочка, *13* — крышка, *14* — корпус, *15* — насос высокого давления

При выборе того или иного метода прессования учитывают свойства пресс-композиций и требования, предъявляемые к качеству готовых изделий.

Прессование в пресс-формах (рис. 46, *а, б*) применяют при изготовлении полуфабриката для электрощеток, конструкционного углеграфита, уплотнительных колец различного рода, металлокерамических втулок и других изделий.

Прессование выдавливанием через мундштук (рис. 46, *в*) применяют в тех случаях, когда требуется получать изделия с большим отношением длины к поперечному сечению (угли, стержни, электроды). Прессование выдавливанием производят при температуре смесей 120—140° С.

Гидростатическое прессование (рис. 46, *г*) применяют в тех случаях, когда свойства изделий должны быть изотропны, т. е. одинаковы в различных направлениях.

§ 25. ПОНЯТИЕ О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ПРЕССОВАНИЯ

Уплотнение пресс-порошков при прессовании является сложным процессом, зависящим от ряда факторов: состава и тонины размола пресс-порошков, текучести, влажности, температуры, скорости прессования, конструкции пресс-формы и пресса, наличия связую

щих или смазки матрицы. Процесс уплотнения пресс-порошков при прессовании проходит три этапа.

На первом этапе значительно уплотняется пресс-порошок вследствие того, что его частицы перемещаются и занимают свободные промежутки, при этом наблюдается рост числа контактов между ними. Небольшому повышению давления соответствует значительное увеличение плотности прессовки.

Второй этап характеризуется упругим изменением формы (деформацией) частиц пресс-порошка. Несмотря на значительное увеличение давления, наблюдается лишь небольшой рост плотности прессуемого изделия.

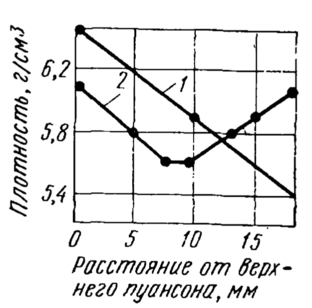


Рис. 47. Изменение плотности по высоте прессовки:

1 — одностороннее прессование, 2 — двустороннее прессование

На третьем этапе происходит пластическая деформация и частично хрупкое разрушение частиц пресс-порошков, нарастание плотности резко затормаживается. На этой стадии прессования в спрессованных блоках чаще всего возникают расслойные трещины, которые называют перепрессовкой.

Значительная часть давления прессования тратится на преодоление трения частиц друг о друга при их уплотнении (внутреннее трение), а также на трение частиц пресс-порошка о стенки пресс-формы (внешнее трение) и на деформирование частиц. Поэтому по высоте пресс-формы наблюдается снижение величины вертикального давления прессования, а также той его доли, которая передается через пресс-порошок на боковые стенки пресс-формы и называется боковым давлением. По этой причине имеет место неизбежное различие плотности по высоте и в поперечном направлении спрессованного изделия. Наибольшая плотность изделий наблюдается в верхних слоях, расположенных к пуансону, наименьшая — в нижней части.

Чем больше отношение высоты изделия к поперечному сечению H/S, тем меньше равноплотность изделий по высоте и наоборот.

Чтобы получить изделия с более однородной плотностью, чем при одностороннем прессовании по высоте, применяют двустороннее прессование (см. рис. 46, *б*).

Распределение плотности при таком методе более равномерное (рис. 47), причем одну и ту же плотность изделий можно достигнуть при давлении, меньшем на 20—30%, чем при одностороннем прессовании. Существенное влияние на равномерное распределение плотности получаемых изделий оказывает смазка стенок, матрицы и небольшая выдержка при максимальном давлении.

После выталкивания спрессованного изделия из пресс-формы увеличивается его объем. Такое явление называется упругим последействием. Причиной его служит освобождение упругих сил после снятия давления, стремящихся увеличить объем спрессованного

изделия. В результате упругого последействия, после снятия давления увеличивается высота, а после выталкивания из пресс-формы — поперечное сечение изделия. На расширение спрессованных изделий после выталкивания из пресс-формы влияет количество защемленного в прессовках воздуха. Упругое последействие является также причиной появления трещин и расслоев у только что спрессованных изделий, а иногда после их обжига.

При изготовлении изделий путем прессования в пресс-формах наблюдается большое различие основных свойств в двух взаимно перпендикулярных направлениях — анизотропия. Оно обусловлено в значительной мере геометрическим фактором и объясняется стремлением частиц под действием давления расположиться своими продольными осями перпендикулярно или параллельно оси прессования (рис. 48).

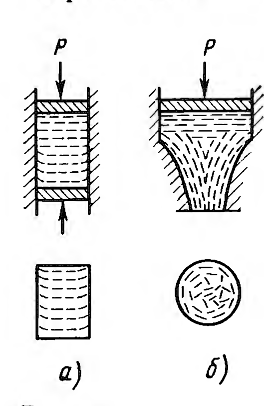


Рис. 48. Расположение частичек кокса при прессовании угольно-графитных изделий:

а — прессование в пресс-форме, *б* — прессование выдавливанием через мундштук

Анизотропия свойств зависит от типа композиций. Особенно она заметна у изделий, содержащих в своем составе значительное количество натурального графита, и меньше всего у сажевых композиций.

В отличие от прессования в пресс-формах прессование выдавливанием является непрерывным методом производства. Прессование в этом случае происходит в «открытую» матрицу.

Смеси, которые прессуют выдавливанием, содержат в среднем связующих на 9—10% больше, чем смеси, предназначенные для прессования в пресс-формах. При меньшем содержании связующих выдавить изделие в связанном виде практически невозможно. Это явление объясняется характером деформации, которую претерпевает смесь при выдавливании.

В начальной стадии, когда производят предварительное уплотнение «кулича», прессование выдавливанием аналогично прессованию в пресс-форме. Однако в месте сужения при переходе цилиндрической части горловины к мундштуку возникают сжимающие силы, которые уплотняют и деформируют материал. Поэтому большое значение имеет геометрия инструмента и температурный режим прессования; излишняя смазка контейнера ухудшает плотность изделий.

При прессовании выдавливанием слои материала, находящиеся в центре, движутся со значительно большей скоростью, чем периферийные слои. Эта разность скоростей зависит от формы конусной части горловины. Чем больше сопротивление выдавливанию оказывает эта часть, а также чем меньше диаметр выпрессовываемого изделия, тем больше величина опережения слоев, находящихся в центре.

Большая разность в скорости истечения массы в центре и по периферии приводит в ряде случаев к браку из-за появления разрывов на поверхности прессовок, называемых «ершами». При прессовании выдавливанием частицы поворачиваются и ориентируются своими длинными осями (см. рис. 48, *б*) параллельно оси мундштука. В результате описанных явлений изделия, полученные выдавливанием, как и полученные прессованием в пресс-формах обладают анизотропией свойств. При гидростатическом прессовании давление к пресс-порошку прикладывается равномерно со всех сторон, при этом отсутствуют потери на трение о стенки пресс-форм. Все это создает возможность получать изделия с изотропными свойствами.

§ 26. ПРЕСС-ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

К пресс-инструменту относятся пресс-формы для прессования блоков, втулок и щеток, мундштуки простые и комбинированные для выдавливания углей, калибровочные штампы для обжатия бронзо-графитовых втулок и цилиндров.

Пресс-формы. Различают пресс-формы с ручным или механическим выталкивателем, ручной и автоматической загрузкой пресспорошка, без нагрева и с подогревом.

Конструкция пресс-формы зависит от конфигурации и размера прессуемых изделий.

Она должна обеспечивать получение равноплотных изделий заданных размеров, высокую производительность, легкость разборки и ремонта, длительный срок эксплуатации. По сложности прессуемых изделий пресс-формы подразделяют на несколько групп. Чем выше группа, тем сложнее конструкция пресс-формы.

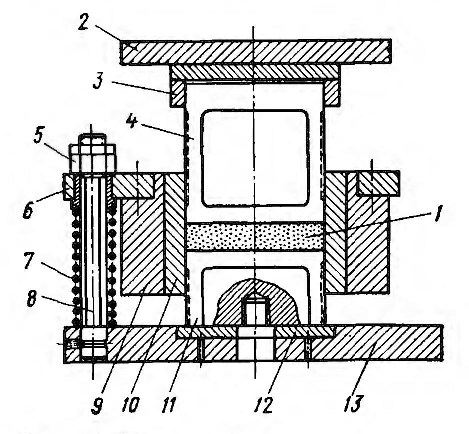


Рис. 49. Пресс-форма с «плавающей» матрицей:

1 — пресс-порошок, *2* — верхняя плита, *3* — пуансонодержатель, *4* — верхний пуансон, *5* — регулировочная гайка, *6* — поддерживающая плита, *7* — опорная пружина, *8* — колонка, *9* — обойма, *10* — планки, *11* — нижний пуансон, *12* — опорное кольцо, *13* — опорная плита

Наиболее широкое применение для прессования различных блоков и изделий находят стационарные пресс-формы двустороннего прессования с «плавающей» матрицей (рис. 49).

Пресс-форма имеет верхний пуансон *4*, который крепится с помощью пуансонодержателя *3* к верхней плите *2*; плита при помощи болтов привертывается к верхней траверсе пресса. Матрица пресса представляет собой обойму *9* с запрессованными в нее планками *10*. Обойма закреплена в поддерживающей плите *6* и опирается на

мощные пружины 7. Колонки 8 запрессованы в опорную плиту 13 которая крепится болтами к нижней плите пресса.

Снизу в матрицу входит нижний пуансон 11, соединенный с вы талкивателем с помощью хвостовика. Высота матрицы должн быть такой, чтобы засыпанный слой пресс-порошка был в 2,5— 3 раза больше толщины спрессованного изделия.

Во входной части матрицы сделано небольшое расширение — входной конус. Он предохраняе при выталкивании изделия от появ ления на них расслойных трещин и служит для улучшения выхода воз духа при прессовании. С этой целью у планок 10 сверху делают неболь шой скос. Угол скоса подбираетс практически; он зависит от марк пресс-порошка и от его крупности Обычно его делают равным от 10 до 0,5°, а по высоте — в 1—2 раз больше толщины блока.

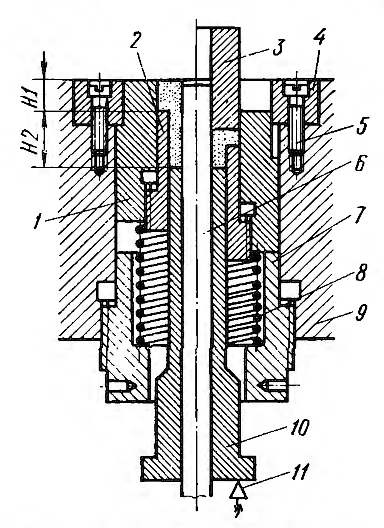


Рис. 50. Схема стационарной пресс-формы для прессования втулок с наружным верхним буртиком:

1 — матрица, 2 — резьбовая часть матрицы, служащая для оформления буртика, 3 — верхний пуансон, 4 — упорное ограничивающее кольцо, 5 — винт, 6 — стержень, оформляющий внутреннее отверстие, 7 — упорное кольцо, 8 — пружина, 9 — стол для крепления пресс-формы, 10 — нижний пуансон-выталкиватель, 11 — регулируемый упор

Прессование блоков в тако пресс-форме происходит следующи образом. По мере уплотнения пресс порошка часть усилий прессовани за счет трения его о стенки переда ется на матрицу. Когда это усили станет достаточно большим, матри ца начнет перемещаться вниз с скоростью, примерно вдвое мень шей, чем скорость движения верхне го пуансона; пружины при это сжимаются. В результате переме щения матрицы по отношению нижнему пуансону получается эф фект двустороннего прессования т. е. нижний пуансон как бы движет ся навстречу верхнему. Когда прес сование окончено, верхний пуансо поднимают, а с помощью нижнего спрессованный блок выталки вается вверх, при этом матрица занимает свое исходное поло жение.

Для прессования изделий сложной формы применяют стацио нарные пресс-формы с верхними или нижними составными пуансо нами с несколькими подвижными частями. На рис. 50 приведен схема пресс-формы для прессования втулок с верхним наружны буртиком (с левой стороны показано положение деталей пресс формы после засыпки в нее пресс-порошка, с правой стороны — по ложение после окончания прессования перед выталкиванием).

Матрица состоит из двух частей 1 и 2, соединенных между собо резьбой. Резьбовая часть матрицы служит для регулироваиия вы

соты буртика *H1*. Высоту цилиндрической части матрицы *H2* изменяют перемещением нижнего пуансона *10* с помощью регулируемого упора *11*. Нижнее положение матрицы в процессе прессования ограничивается упором *7*. Матрица *1* снабжена пружиной *8* для осуществления двустороннего прессования втулки. Стержень *6* и нижний пуансон *10* во время прессования неподвижны. После окончания прессования деталь выталкивается нижним пуансоном вверх.

Пресс-форма с подогревом (рис. 51) для прессования электрощеток в размер (микрощетки и другие) с одновременной запрессов-

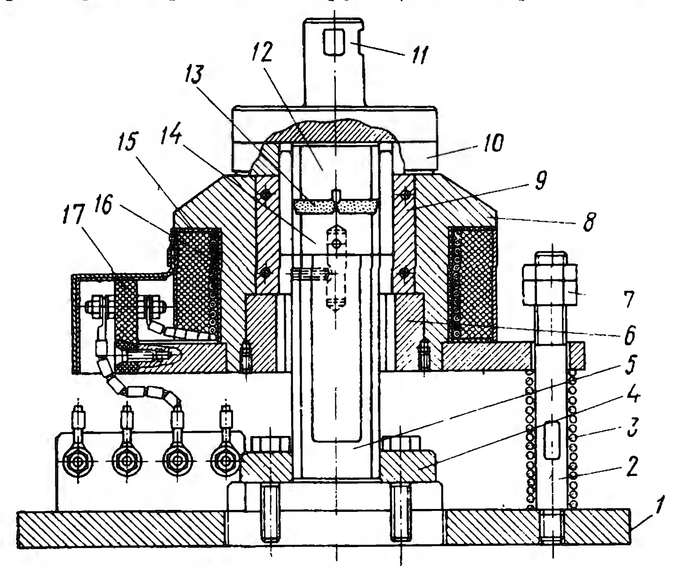


Рис. 51. Пресс-форма с подогревом для прессования щеток в размер с одновременной запрессовкой провода:

1 — нижняя плита, *2* — колонна, *3* — пружина, *4* — обойма нижнего пуансона, *5* — нижний пуансон, *6* — втулка, *7* — регулировочная гайка, *8* — обойма, *9* — фасонная матрица, *10* — пуансонодержатель, *11* — хвостовик, *12* — верхний пуансон, *13* — прессуемая щетка, *14* — оформляющая головка, *15* — изоляция, *16* — нихромовая спираль в бусах, *17* — панель

кой с двух сторон токоведущего провода имеет фасонный верхний *12* и нижний *5* пуансоны с оформляющей головкой *14*. В матрице *9*, запрессованной в обойму *8*, имеются пазы, куда закладывается токоведущий провод, прижимаемый к матрице специальными сухарями. Положение обоймы с матрицей фиксируется по высоте пружинами *3* и гайками *7*, с помощью которых регулируют высоту камеры засыпки.

Обойма обогревается при помощи спиралей из нихрома. Электронагреватели работают от электрической сети напряжением 36 В.

Детали, изготовляемые из легированных сталей, закаливают до твердости HRS * 58—60, затем шлифуют и полируют. Для прессо-

* HRC — твердость, которая определяется на приборе ТК (типа Роквелла).

вания изделий из порошков, обладающих магнитными свойствами, детали пресс-формы после шлифовки размагничивают во избежание зависания порошков у стенок матрицы.

Режим термической обработки в значительной мере влияет на срок службы пресс-формы. Для прессования деталей размером до 30—40 мм пуансоны делают с посадкой движения по второму классу точности, для прессования деталей размером 40—100 мм — с ходовой посадкой по этому же классу точности, а при прессовании деталей размером 120 мм и выше предусматривают ходовую посадку по третьему классу точности.

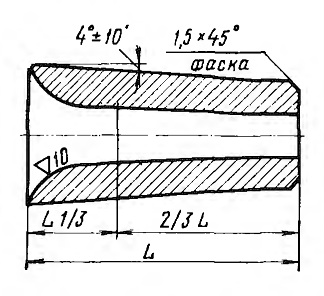


Рис. 52. Форма мундштука для прессования углей

Мундштук. Конструкция мундштука определяет качество изделий, получаемых выдавливанием.

Отверстие мундштука (рис. 52) имеет коническую и цилиндрическую части. Форма конической и длина цилиндрической частей мундштука влияют на плотность изделия.

Наиболее благоприятным для повышения плотности изделий является угол конуса мундштука 45°. В практике электроугольного производства коническую часть мундштука делают с параболическим профилем длиной $^1/_3$ от общей длины мундштука.

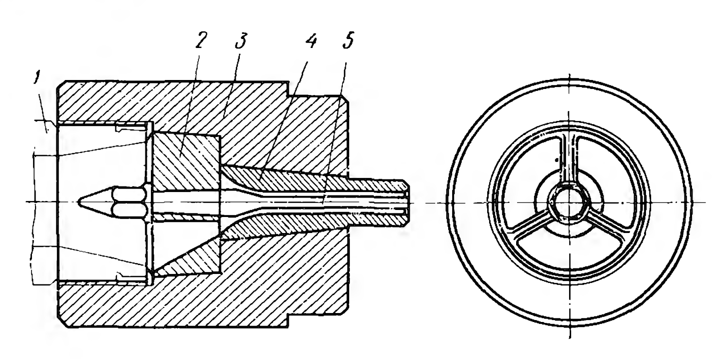


Рис. 53. Конструкция комбинированиого мундштука для выдавливания оболочек осветительных углей:
1 — горловнна, *2* — иглодержатель, *3* — гайка, *4* — мундштук, *5* — игла

Длину цилиндрической части мундштука делают равной от 3 и выше диаметров прессуемого изделия. Для прессования изделий прямоугольного или коробчатого профиля (плитки, вставки ПРШ и др.) мундштуки изготовляют составными из двух половинок.

Для прессования сплошных углей применяют мундштуки, а для оболочек осветительных углей и труб — комбинированные мундштуки с иглами (рис. 53).

Мундштуки, иглы и иглодержатели изготовляют из инструментальных хромистых легированных сталей и закаливают до твердости *HRC* 58—62. Рабочие поверхности мундштуков, игл и иглодержателей хромируют, толщина слоя хрома составляет 12—15 мкм.

В настоящее время начали широко применять мундштуки из твердого сплава. Изготовление мундштуков простых и комбинированных производят по второму классу точности. Допуск на размеры назначают с учетом практических данных величины упругого последействия и усадки отпрессованных изделий в обжиге (см. гл. X, § 45).

§ 27. ПРЕССЫ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Прессы делят на механические, гидравлические и комбинированные. К числу механических прессов относятся эксцентриковые, винтовые, рычажные.

Гидравлические и механические вертикальные прессы предназначены для прессования в пресс-формах, а гидравлические горизонтальные — для прессования выдавливанием.

К числу комбинированных относятся рычажно-гидравлические и пневматические.

Гидравлические по сравнению с механическими являются тихоходными прессами; они обеспечивают плавное уплотнение пресс-порошков, необходимую выдержку при максимальном давлении и позволяют создавать практически любые усилия, необходимые для формования изделий больших габаритов.

Мощность (прессующее усилие) гидравлических прессов, применяемых в электроугольном производстве, составляет 3—500 Т и выше.

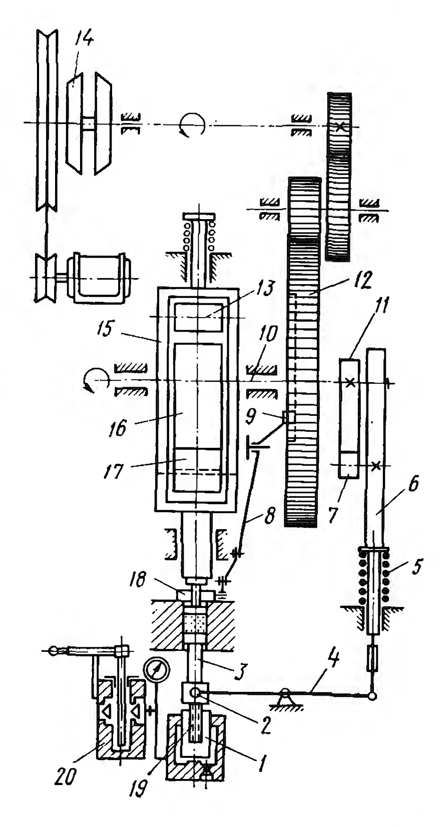


Рис. 54. Кинематическая схема пресса КО-32:

1 — поршень гидравлической подушки, *2* — башмак, *3* — нижний пуансон, *4* — рычаг выталкивателя, *5* — пружина, *6* — штанга выталкивателя, *7* — ролик выталкивателя, *8* — тяга дозатора, *9* — ролик тяги дозатора, *10* — рабочий вал, *11* — нажимной кулак, *12* — зубчатое колесо, *13* — ролик ползуна, *14* — фрикционная муфта, *15* — ползун, *16* — рабочий профильный кулак, *17* — нажимной ролик, *18* — питатель пресс-порошка, *19* — опорный регулировочный винт, *20* — ручной насос

Действие гидравлических прессов основано на свойстве жидкости (в замкнутом сосуде) передавать производимое на нее давление во все стороны равномерно (закон Паскаля).

Механические прессы. Механический эксцентриковый кулачковый пресс используют для прессования в пресс-форме металлокерамических изделий и контактов. Винтовой фрикционный пресс служит для прессования дисков, мембран, колец.

Механический эксцентриковый кулачковый пресс имеет автоматический питатель кассетного типа. Работа пресса (рис. 54) основана на принципе нажима вращающегося эксцентрикового кулака *16* на подвижный ползун *15*. Специально подобранным профилем кулака удается обеспечить постепенное приложение давления, подпрессовку, небольшую выдержку под давлением и ускоренный подъем ползуна.

Рис. 55. Механический пресс-автомат КО-624:

а — внешний вид, *б* — кинематическая схема; *1* — бункер, *2* — кассета, *3* — матрица, *4* — прессующая головка, *5* — гидравлическая масляная подушка

Степень уплотнения пресс-порошка регулируют высотой камеры засыпки с помощью регулировочного винта *19*.

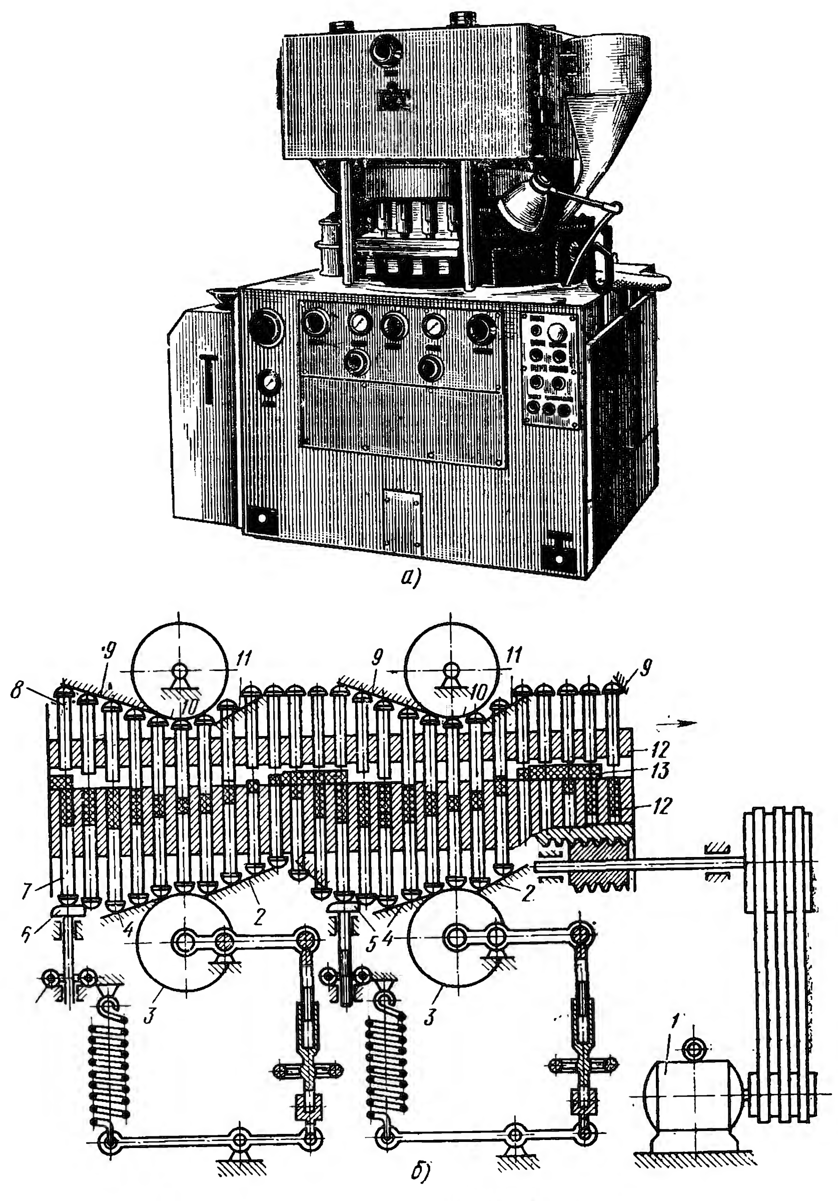


Рис. 56. Роторный двухпозиционный пресс-автомат:

а — внешний вид, *б* — кинематическая схема; *1* — электродвигатель, *2, 11* — копиры выталкивателя, *3, 10* — ролики, *4, 9* — прессующие копиры, *5, 6* — дозировочные копиры, *7* — нижние пуансоны, *8* — верхние пуансоны, *12* — ротор, *13* — распределитель порошка с барьером для сталкивания готовых таблеток

Более совершенными являются прессы-автоматы с прессующей головкой, которые сейчас находят широкое применение для прессования различных металлокерамических изделий. Эти прессы (рис. 55) позволяют прессовать детали из порошков с отверстием вдоль оси прессования, а также с одним переходом внутри изделия.

Прессы выпускают следующих моделей: КО624 с усилием прессования 25 Т, КО628 с усилием прессования 63 Т и К8130 с усилием прессования 100 Т.

Пресс-порошок засыпают в бункер *1*, из которого с подвижной кассетой *2* он перемещается и засыпается в матрицу *3*. С помощью

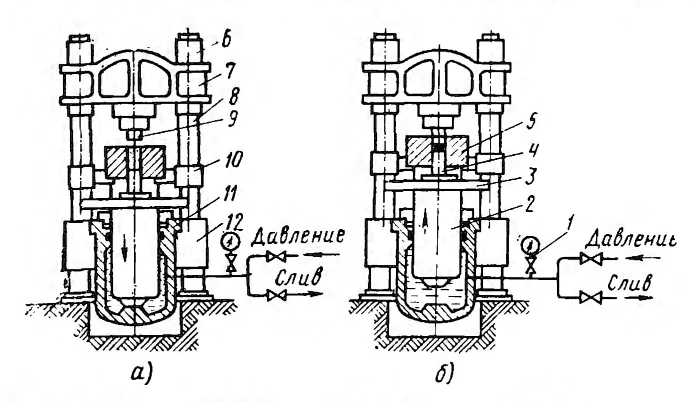


Рис. 57. Конструктивная схема гидравлического пресса нижнего давления с усилием прессования 800 Т:

а — исходное положение, *б* — положение при прессовании; *1* — манометр, *2* — плунжер, *3* — плита, *4* — нижний пуансон, *5* — матрица пресс-формы, *6* — гайка, *7* — верхняя траверса, *8* — стальные колонны, *9* — прессующий пуансон, *10* — планки, *11* — рабочий цилиндр, *12* — нижняя головка

гидромультипликатора обеспечивается регулирование прессующего усилия пресса. В верхней прессующей головке *4* имеется гидравлическая масляная подушка *5* с электроконтактным манометром, предохраняющая пресс от поломки при перегрузке.

К механическим прессам относят также ротационные (роторные) (рис. 56, *а* и *б*), отличающиеся высокой производительностью (3600—5400 шт/ч). Пресс имеет вращающийся ротор, по окружности которого расположено до 60 шт. матриц пресс-форм, в которые засыпается пресс-порошок из двух бункеров. Над матрицами и под ними установлены верхние *8* и нижние *7* пуансоны, скользящие по копирам *9*. На участке копиров *5* и *6* (самое нижнее положение пуансонов) происходит окончательная дозировка пресс-порошка. На участке копиров *4* и *9* пресс-порошок уплотняется, а под давлением пуансонов и роликов *3* и *10* прессуется в изделие, которое после окончания цикла прессования выталкивается нижним пуансоном вверх и сталкивается барьером распределителя порошка.

Благодаря наличию специальных приспособлений на таких роторных прессах можно одновременно обеспечить прессование изделий различной конфигурации.

Вертикальные гидравлические прессы. Вертикальные гидравлические прессы могут быть нижнего или верхнего давления, а также комбинированные.

На рис. 57 приведена конструктивная схема гидравлического пресса нижнего давления 800 Т. В рабочем цилиндре движется рабочий плунжер *2*, на верхней части которого установлена подвижная плита *3* с пуансоном *4*. К верхней головке присоединяется болтами верхний прессующий пуансон. Матрица пресс-формы *5* крепится к планкам *10*, которые скользят по колоннам пресса. В нижнюю головку *12* вставлен рабочий цилиндр *11* из литой стали. Четыре стальных колонны *8* с помощью гаек *6* связывают нижнюю головку с верхней траверсой *7*. К рабочему цилиндру пресса подводится от гидравлического насоса линия высокого давления, а также линия слива.

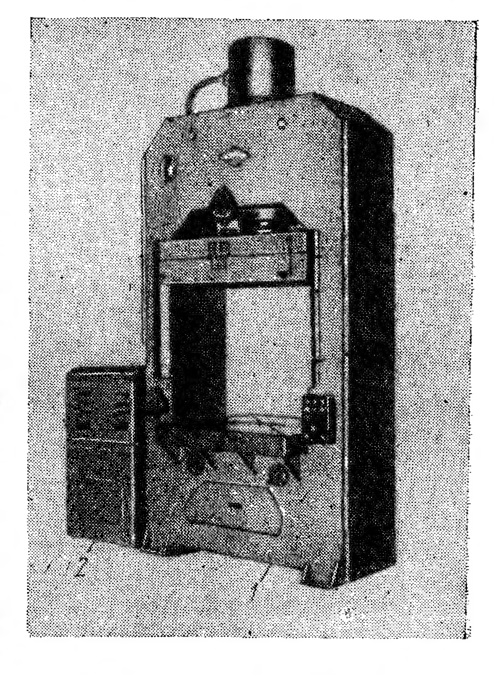


Рис. 58. Вертикальный гидравлический пресс с верхним давлением ПД-476 с прессующим усилием 160 Т с гидроагрегатом:
1 — пресс, *2* — гидроагрегат

Работает пресс следующим образом. При закрывании крана на линии слива и открывания крана высокого давления вода от насоса поступает в рабочий цилиндр пресса, вследствие этого рабочий плунжер с пуансоном поднимается вверх и производит прессование (рис. 57, *б*). Отпрессованная деталь выталкивается вверх.

После окончания цикла прессования кран высокого давления закрывают, а кран линии слива открывают. Под действием силы тяжести рабочий плунжер опускается вниз; вода из полости рабочего цилиндра вытесняется в сливную линию (рис. 57, *а*).

Такие прессы являются тихоходными, они преимущественно используются для прессования крупных изделий: уплотнительных колец, анодов. Производительность их составляет 35—40 изделий/ч.

Вертикальные гидравлические прессы верхнего давления с усилием 25, 63 и 160 Т применяют преимущественно для прессования электрощеток в нагретых пресс-формах, более мощные — для прессования крупных блоков и колец.

Прессы этого типа (рис. 58) снабжены индивидуальным гидравлическим приводом и аппаратурой, позволяющей вести работу на полуавтоматических режимах, контролировать давление жидкости

и автоматически поддерживать необходимую температуру прессования.

Рядом с прессом расположен гидроагрегат. Гидроагрегат состоит из сдвоенного поршневого и шестеренчатого насосов, гидропанели, коробки отключающего золотника с клапанами, поддерживающего клапана, маслобака. Производительность поршневого насоса 8 л/мин, рабочее давление 320 кГ/см². Производительность шестеренчатого насоса 100 л/мин, давление 20 кГ/см².

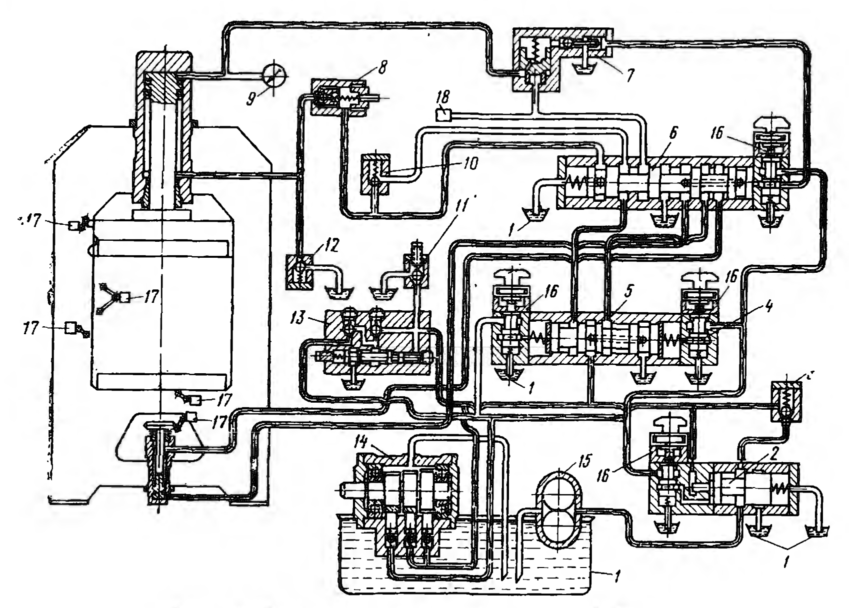


Рис. 59. Гидравлическая схема пресса ПД-476:

1 — маслобак, *2* — разгрузочный золотник, *3* — обратный клапан, *4* — пилот управления, *5* — золотник переключения, *6* — золотник реверса, *7* — запорный клапан, *8* — поддерживающий клапан, *9* — электроконтактный манометр, *10* — обратный клапан, *11* — аварийно-предохранительный клапан на давление 320 кГ/см², *12* — предохранительный клапан на давление 150 кГ/см², *13* — коробка отключающего золотника с клапанами, *14* — поршневой насос, *15* — шестеренчатый насос, *16* — электромагниты, *17* — переключатели, *18* — регулятор давления

Назначение основных узлов гидроагрегата следующее. Сдвоенный насос служит для подачи масла в рабочий цилиндр и выталкиватель.

Гидропанель предназначена для управления движением рабочего плунжера и выталкивателя. Внутри гидропанели размещены золотники переключения и реверса, разгрузочный золотник, а также запорный, предохранительные и обратные клапаны.

Переключение золотников гидропанели электрогидравлическое. Золотники переключения и реверса направляют попеременно поток масла от насоса то в рабочий цилиндр, то в выталкиватель.

Гидравлическая схема (рис. 59) в сочетании с электрической обеспечивают работу пресса в наладочном и полуавтоматическом режимах.

Наладочный режим необходим для регулировки работы отдельных узлов пресса, высоты подъема и опускания пуансона и выталкивателя, количества подпрессовок и выдержки, а также проверки герметичности соединений и настройки гидро- и электроаппаратуры.

Полуавтоматический режим работы пресса складывается из следующих операций: быстрое, а затем медленное опускание траверсы при подходе пуансона к пресс-форме; предварительное прессование с подпрессовками, прессование при рабочем давлении с выдержкой, распрессовка и подъем, выталкивание изделия; опускание выталкивателя в исходное положение.

Наладочный и полуавтоматический режимы устанавливают с помощью переключателя на панели универсального переключателя.

К недостаткам прессов этого типа следует отнести недостаточно надежную работу гидроагрегата при малых выдержках и сложность его устройства.

К другим видам гидравлических прессов, применяемых в электроугольном производстве для прессования различного рода изделий, относятся одностоечные прессы с рабочим усилием прессования 3—250 Т.

На рис. 60 приведена конструкция гидравлического пресса с рабочим усилием 3 Т, используемого для прессования микрощеток.

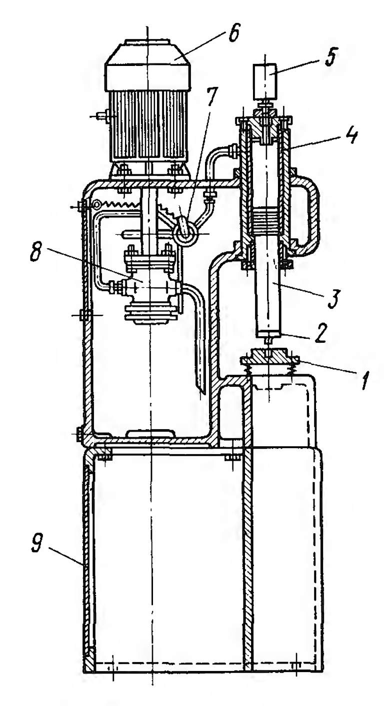


Рис. 60. Гидравлический пресс с рабочим усилием 3 Т для прессования микрощеток:

1 — пресс-форма, 2 — пуансон, 3 — дифференциальный плунжер, 4 — рабочий цилиндр, 5 — манометр, 6 — электродвигатель, 7 — распределитель давления, 8 — лопастной масляный насос, 9 — подставка

Горизонтальные гидравлические прессы. Для прессования элементных сварочных, осветительных углей и электродов используют гидравлические горизонтальные прессы с прессующим усилием 300—800 Т.

На рис. 61 приведен общий вид установки гидравлического горизонтального пресса ПО-20А. Массивная литая передняя *4* и задняя *14* траверсы стянуты четырьмя стальными колоннами *8* с помощью разрезных гаек *3*. Эта система служит основанием пресса и смонтирована на сварной раме *1*. В задней траверсе расположен главный рабочий цилиндр пресса *12*, цилиндры прижима с плунжерами *7* и цилиндры ускоренного хода *13*. В рабочем цилиндре движется стальной плунжер *10*, торцевая часть которого жестко скреплена с прессующей траверсой *9*. К прессующей траверсе кре-

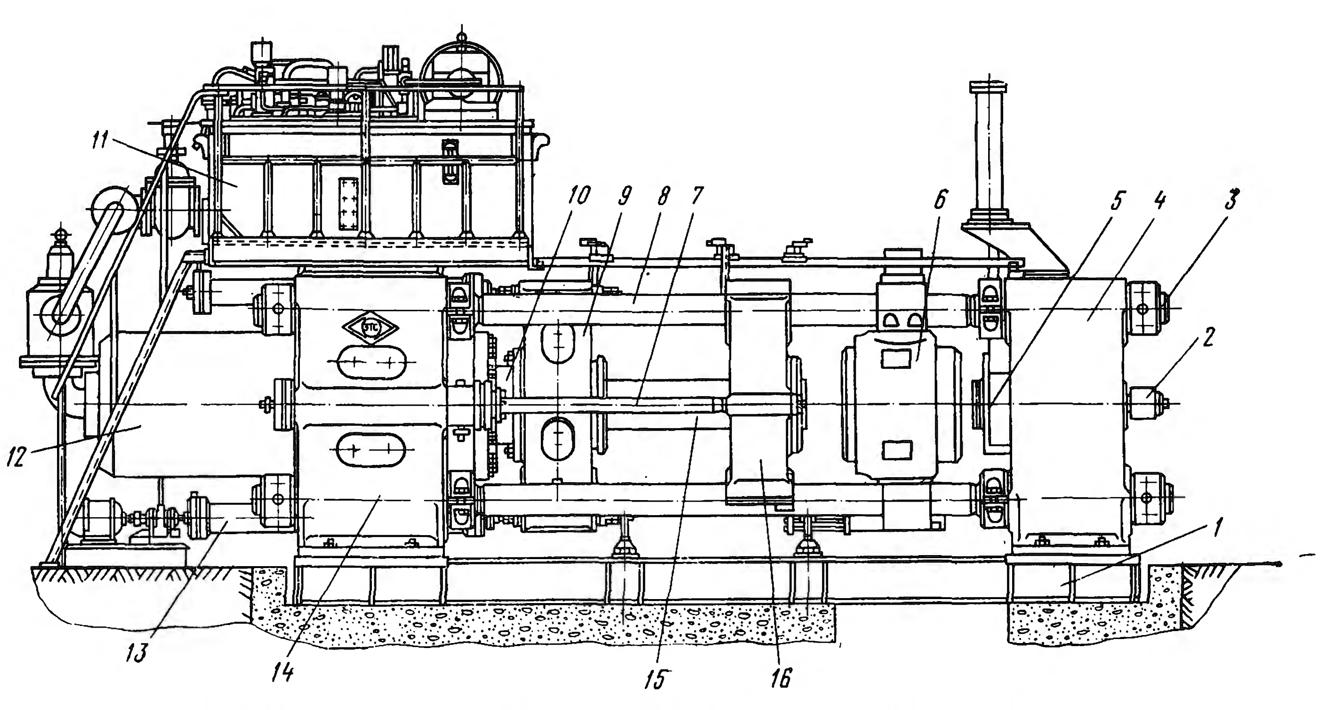


Рис. 61. Горизонтальный гидравлический пресс ПО-20 с рабочим усилием 800 Т:

1 — рама, *2* — накидная гайка, *3* — разрезная гайка, *4* — передняя траверса, *5* — подпрессовочная плита, *6* — поворотный контейнер (массный цилиндр), *7* — прижимные плунжеры, *8* — колонны, *9* — прессующая траверса, *10* — рабочий плунжер, *11* — гидропривод, *12* — рабочий цилиндр, *13* — цилиндр ускоренного хода, *14* — задняя траверса, *15* — пресс-штемпель, *16* — прижимная траверса

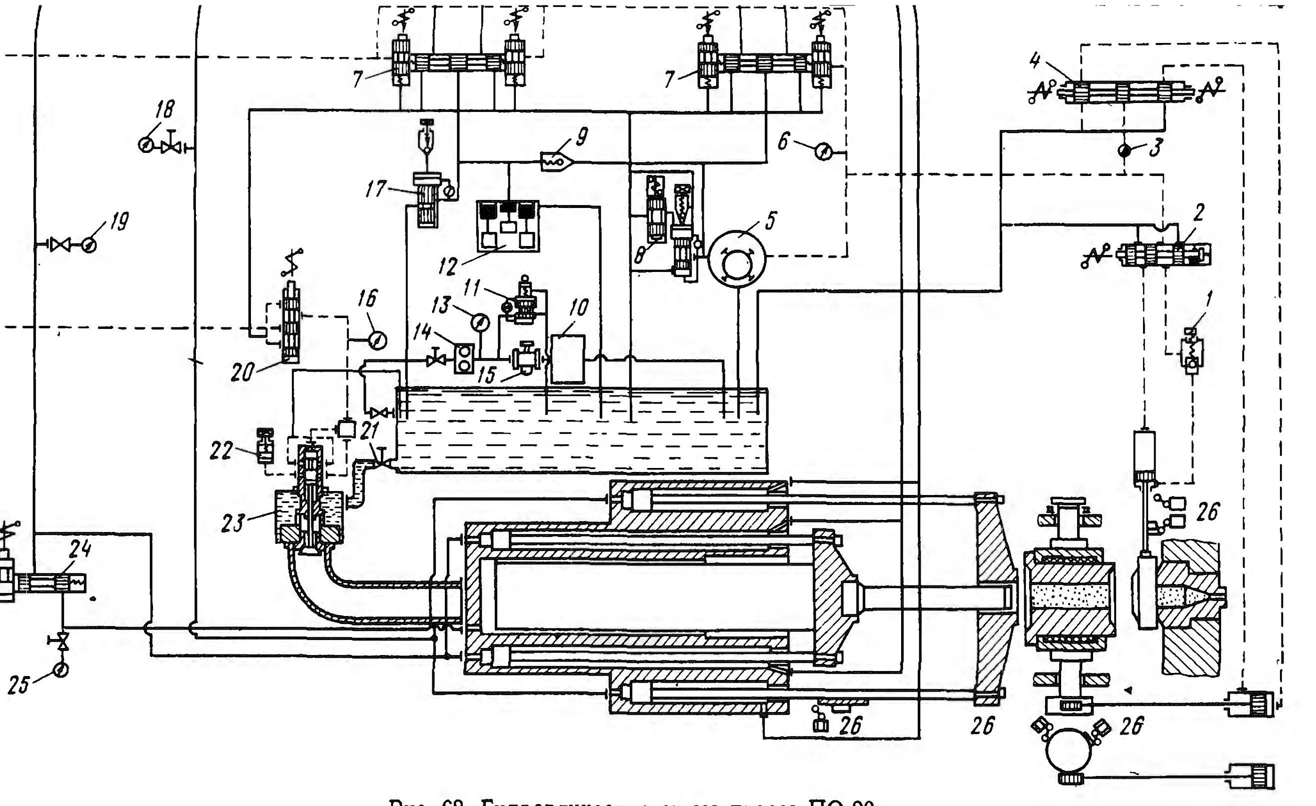


Рис. 62. Гидравлическая схема пресса ПО-20:

1 — поддерживающий клапан, *2, 4, 7, 20* — золотники реверса, *3* — кран, *5* — радиально-поршневой насос, *6, 16* — манометры, *8, 11, 17* — предохранительные клапаны, *9* — обратный клапан, *10* — маслоохладитель, *12* — поршневой насос, *13, 18, 19, 25* — электроконтактные манометры, *14* — шестеренчатый насос, *15* — фильтр, *21* — задвижка, *22* — реле давления, *23* — клапан наполнения, *24* — сливной клапан, *26* — путевые выключатели

пится пресс-штемпель *15* с пресс-шайбой, с помощью которых вы давливается масса. Траверса *16* прижимает поворотный контейне *6* к подпрессовочной плите *5*, который имеет индукционный обогре Поворот контейнера в горизонтальной плоскости производится помощью вспомогательного гидравлического цилиндра. Подпресс вочная плита служит для предварительного уплотнения (подпре совки) «куличей» и перемещается в вертикальном направлении помощью гидравлического подъемника. В передней траверсе поме щена горловина с электрообогревом, в которую вставлен переход ный ниппель, заканчивающийся накидной гайкой *2* для креплени пресс-инструмента.

На верхней части передней траверсы установлен бак для масл с гидроприводом *11*. Бак имеет два отсека: сливной и всасывающи которые соединяются между собой окном с фильтрующей сеткоі Температура контейнера, горловины и мундштука регулируется записывается при помощи термопар и потенциометров.

На рис. 62 приведена гидравлическая схема управления рабс той пресса. Гидравлический пресс может работать в наладочно и полуавтоматическом режимах.

При наладочном режиме все элементы пресса приводятся действие с пульта управления путем включения соответствующи кнопок.

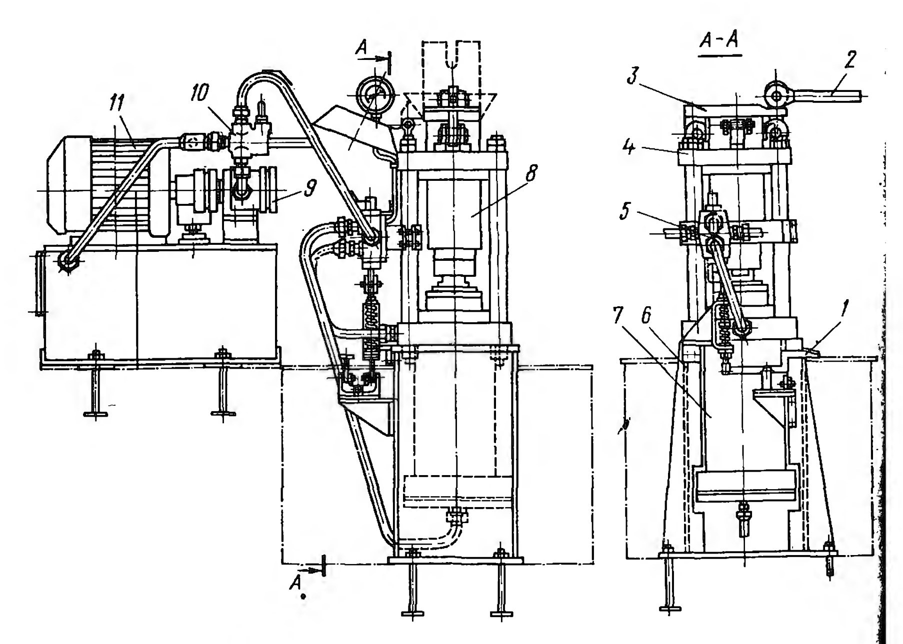


Рис. 63. Гидравлическая трамбовка (пресс) для куличей:

1 — педаль управления, *2* — запорная рукоятка, *3* — откидная крышка, *4* — верхняя пли та, *5* — дистрибутор, *6* — опора, *7* — рабочий цилиндр, *8* — массный цилиндр, *9* — лопа стной насос, *10* — предохранительный клапан, *11* — электродвигатель

При полуавтоматическом режиме основные операции производятся автоматически после переключения на «Цикл».

Работа пресса состоит из следующих операций:

1) предварительная настройка — поворот контейнера (с вставленным в него «куличом»), опускание подпрессовочной плиты;

2) подпрессовка — прижим контейнера, ускоренный подвод траверсы с пресс-штемпелем, подпрессовка, отвод траверсы с пресс-штемпелем, отвод прижима контейнера, подъем подпрессовочной плиты;

3) рабочее прессование — прижим контейнера, ускоренный подвод траверсы с пресс-штемпелем, прессование, ускоренный отвод траверсы с пресс-штемпелем, отвод прижима, поворот контейнера в положение загрузки.

Трамбовка для формования «куличей». Для формования «куличей» используют механические и гидравлические трамбовки. Так как качество изделий зависит от степени предварительного уплотнения «куличей», то необходимо получать плотно сбитые «куличи». Ранее применявшиеся для этих целей механические трамбовки заменяются гидравлическими (рис. 63), на которых удается достигнуть хорошего и равномерного уплотнения массы.

§ 28. ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕССОВАНИЯ

Прессование в пресс-формах

Методы прессования в пресс-формах. Для получения прессованных изделий с однородной плотностью без дефектов и трещин необходимо строго соблюдать режим прессования. Режим прессования определяется удельным давлением прессования, температурой нагрева инструмента и изделия, временем выдержки изделия при конечном рабочем давлении. Кроме того, на режим прессования и качество изделий оказывают существенное влияние температура пресс-порошка, скорость опускания пуансона, количество и частота подпрессовок, характер распределения пресс-порошка в пресс-форме, форма прессуемого изделия, конструкция пресс-формы, смазка матрицы и другие факторы.

Прессование изделий в пресс-формах производят по заданному удельному давлению прессования * или по заданному ходу пуансона (прессование до упора).

Прессование по удельному давлению является основным методом, принятым в производстве электроугольных изделий, который обеспечивает возможность контроля технологического процесса прессования по величине манометрического давления рабочей жидкости. Этот метод базируется на зависимости (для каждой марки пресс-порошка) кажущейся плотности изделия (кажущегося удельного веса) от удельного давления прессования.

* Удельным давлением прессования называется давление (в кГ или Н), которое производит пресс на 1 $см^2$ площади изделия, перпендикулярной усилию прессования.

Прессование до упора позволяет получать изделия с точно з данной высотой. Его применяют при изготовлении только некот рых бронзо-графитных втулок и контактов, у которых имеются н большие допуски по размерам. Однако при значительном колебані свойств пресс-порошков следует опасаться недопрессовки. Кон роль величины удельного давления при прессовании до упор исключен.

Перед началом прессования прессовщик получает от мастер задание, в котором указаны марка пресс-порошка, номер парти: размер изделия, допуск на толщину и на непараллельность пло(костей, плотность прессовки, манометрическое давление прессов: ния (для некоторых марок указывается ориентировочно), номе пресса и пресс-формы.

Подготовка пресс-порошка и дозировка. Пресс-порошок просеи вают через сетку 045 или 020 и дозируют по объему. Объемна дозировка менее точна, чем весовая, однако она более проста, прс изводительна и позволяет обеспечить механизацию загрузки. Вес(вую дозировку применяют в том случае, когда требуется изготовит изделие с точным весом или при использовании дорогостоящи: материалов. Для объемной дозировки применяют специальны мерки, объем которых подбирают в зависимости от размера изде лия, которое необходимо спрессовать. В ряде случаев пресс-поро шок засыпают в отрегулированную на определенную высоту матри цу и удаляют его избыток.

Когда подобран объем дозы пресс-порошка при заданном удель ном давлении, прессуют несколько опытных образцов.

В отпрессованных образцах проверяют геометрические размеры наличие сколов, трещин, непропрессовок, а также кажущуюс(плотность (удельный вес). Во всех типах бронзо-графитных втуло: и контактов проверяют массу. У некоторых металлографитных изде лий определяют удельное электрическое сопротивление. Для неко торых марок щеточного полуфабриката удельное давление прес сования подбирают по величине кажущейся удельной плотности которую затем пересчитывают на манометрическое давление жид кости в рабочем цилиндре пресса. Удельное давление прессовани: составляет 1000—2000 $кГ/см^2$ для пресс-порошков черных марок 1500—5000 $кГ/см^2$ и выше для пресс-порошков цветных марок, i том числе для металлокерамических изделий.

Расчет удельного давления прессования. Расчет теоретическог(усилия, необходимого для прессования различных видов электро угольных изделий, производят по формуле

$$N = \frac{P_0 f}{1000},$$

где N — теоретическое усилие прессования, Т; P_0 — удельное дав ление прессования, $кГ/см^2$; f — площадь прессуемого изделия, $см^2$ 1000 — коэффициент перехода от Т к кГ.

Фактическое рабочее усилие прессования будет

$$N_f = \frac{N}{\eta},$$

где η — статический коэффициент полезного действия, учитывающий потери в прессе на трение в уплстнительных устройствах, направляющих колонках и т. д. Обычно $\eta = 0{,}95$ для новых и 0,9 для уже работавших прессов.

Пример 1. Рассчитать рабочее усилие прессования изделий размером 30×40 мм; удельное давление прессования $P_0 = 3000$ кГ/см², $\eta = 0{,}9$.

Решение.

$$N = \frac{3000 \cdot 3 \cdot 4}{1000} = 36\ \text{Т}\ (360\ \text{кН}).$$

$$N = \frac{N}{0{,}9} = \frac{36}{0{,}9} \cong 40\ \text{Т}\ (400\ \text{кН}).$$

Расчет манометрического давления жидкости в прессе производят по формуле

$$P_м = \frac{N_f \cdot 1000}{F},$$

где $P_м$ — манометрическое давление жидкости, ат, N_f — рабочее усилие прессования, Т, F — площадь сечения рабочего плунжера, см².

Пример 2. Рассчитать манометрическое давление жидкости в рабочем цилиндре пресса для прессования изделий по примеру 1, если известно, что рабочее усилие прессования N_f составляет 40 Т, а площадь сечения рабочего плунжера 200 см².

Решение.

$$P_м = \frac{40 \cdot 1000}{200} = 200\ \text{ат}\ (200 \cdot 10^5 \text{Н/м}^2).$$

На горизонтальном прессе удельное давление прессования углей рассчитывают путем деления рабочего усилия пресса на площадь контейнера.

Определение удельного давления, создаваемого в мундштуке, связано со значительными трудностями и до сих пор точному расчету не поддается.

Изделия в пресс-формах прессуют при заданном манометрическом давлении, время от времени проверяя кажущуюся плотность и геометрические размеры отпрессованных изделий. Чтобы обеспечить удаление воздуха из камеры пресс-формы, скорость погружения пуансона в пресс-порошок должна быть 15—30 мм/с. Повышенная скорость прессования или наличие большого зазора между пуансоном и матрицей ведет к фонтанированию порошка, появлению трещин, непропрессовке изделий. При максимальном давлении (прессование без нагрева) необходима выдержка в несколько секунд для выравнивания давления по объему изделия. При прессовании в нагретых пресс-формах делают 2—3 подпрессовки для удаления летучих при возрастающем давлении 10—50% от номинального. Выдержка при номинальном давлении составляет 3—5 мин и выше в зависимости от размера изделия.

Температурный режим прессования. Прессование в пресс-формах производят при температуре 15—20° С, а также при нагреве пресс-форм до 180—210° С.

Прессование пресс-порошков, содержащих легкоплавкие металлы (олово, свинец), при более высоких температурах приводит к их частичному выплавлению, а при пониженных — к уменьшению плотности и повышению удельного электрического сопротивления изделий.

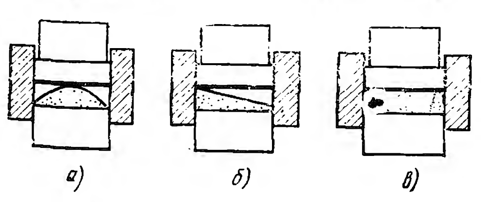


Рис. 64. Распределение пресс-порошка в матрице:
а, б — неправильное, *в* — правильное

Прессование пресс-порошков, содержащих связующее, при пониженных температурах недопустимо, так как потеря ими пластичных свойств ведет к повышенной пористости и понижению твердости полуфабриката.

Разравнивание пресс-порошка. При прессовании на прессах без специальных питателей засыпанный в пресс-форму пресс-порошок необходимо разравнять с помощью лопатки так, как это показано на рис. 64, и только после этого производить прессование. Прессование насыпанных кучей пресс-порошков приводит к переуплотнению в тех местах, где скопилось его много, и недопрессовке там где его мало.

Прессование выдавливанием

Прессование осветительных, элементных и других углей выдавливанием на горизонтальных прессах складывается из следующих операций: уплотнения массы на механических или гидравлических трамбовках в цилиндрические заготовки — «куличи», хранения «куличей» в термостатах, прессования углей, отрезки и укладки отпрессованных углей на ровняльные доски.

Отпрессованные угли вылеживаются и затем их связывают в пачки.

Уплотнение массы. Массу уплотняют на гидравлических прессах (трамбовках) при удельном давлении до 40—45 кГ/см^2.

Если при уплотнении некоторых смесей, богатых связующим и графитом, образуются «куличи» с расслойными трещинами, то перед уплотнением смесь, выгруженную из мешалки, следует охладить примерно до 80° С. На каждый «кулич» наносят марку или номер заварки.

Хранение «куличей». «Куличи» до подачи на пресс во избежание остывания, а также излишней потери летучих хранят в термостатах при 110—120° С.

Технология прессования. Перед началом работы на горизонтальном прессе прессовщик получает задание, в котором указаны марка и размер углей, давление прессования, необходимый инструмент,

и его размеры. Размеры простых и комбинированных мундштуков должны строго соответствовать технологической карте.

После установки инструмента и подготовки рабочего места приступают к разогреву контейнера, горловины и мундштука пресса. Температура нагрева контейнера составляет 85° С, температура горловины 100—140° С в зависимости от марки смеси. Температура нагрева мундштука, обогрев которого производят отдельно через гайку, должна быть на 5—10° С выше температуры нагрева горловины. При перегреве массы в прессе на поверхности спрессованных углей образуются вздутия.

Когда разогрев пресса до заданной температуры закончен, приступают к прессованию.

Подогретый в термостате «кулич» вставляют в контейнер пресса, который предварительно смазывают каменноугольным маслом, а к мундштуку приставляют наклонную приемную доску с желобом. Центр желоба должен совпадать с осью мундштука.

Скорость прессования регулируют изменением производительности насоса высокого давления по специальной таблице, установленной у гидропривода.

Отпрессованные угли заданной длины отрывают вручную или с помощью приспособления и скатывают по доске для укладки. В процессе прессования следят за температурой, внешним видом углей и время от времени проверяют их размеры. Когда закончено прессование одного «кулича», вставляют другой.

Угли, которые выпрессовываются из массы на стыке двух «куличей» (так называемые «стычки»), идут в отход, их используют как добавки при приготовлении смесей.

При переходе на прессование углей другой марки предыдущую массу следует полностью выдавить и сдать в отход.

Отрезка, укладка, вылеживание углей и связка их в пачки. Отпрессованные угли ровняльщицы укладывают рядами на доски и во избежание слипания пересыпают порошком пекового кокса, а затем их обрезают на заданную длину.

Угли на досках вылеживаются в течение 24 ч. За этот период они остывают и приобретают необходимую жесткость. После вылеживания угли связывают в плотные шестигранные пачки на вязальных станках. По углам шестигранных пачек для жесткости укладывают уже обожженные прямые угли, снаружи пачки обкладывают специальным картоном и обматывают шпагатом.

§ 29. КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ

Контроль технологического процесса прессования производится в соответствии с методиками и инструкциями, указанными в маршрутно-технологических картах для каждого вида изделия.

В процессе прессования контролируют манометрическое давление жидкости, температуру нагрева, время выдержки, количество подпрессовок, температуру окружающей среды, разравнивание пресс-порошка.

Таблица 11

Виды брака при прессовании и меры его предупреждения

Вид брака	Возможная причина возникновения брака	Меры по предупреждению брака
	Прессование изделий на горизонтальных прессах	
Вздутия на поверхности углей, скрытые трещины, наружные трещины	1. Перегрев «куличей» в горловине и мундштуке пресса 2. Большая скорость прессования углей 3. Недостаточно плотно сбит «кулич» 4. Недостаточно связующих в смеси 5. Плохо уплотнена (провальцована) масса	1. Снизить температуру нагрева пресса 2. Уменьшить скорость прессования 3. Улучшить плотность «куличей» 4. Скорректировать количество связующих 5. Хорошо вальцевать массу
Кривизна углей	1. Велика скорость прессования 2. Излишнее количество связующих 3. Плохо выровнен на доске уголь	1. Уменьшить скорость прессования углей 2. Скорректировать связующее 3. Улучшить укладку
Разностенность	Неправильно установлена игла по центру мундштука	Установить правильно иглу
Наличие раковин	Попадание посторонних примесей в сырье	Проверить исходное сырье путем просева
Уголь не имеет жесткости, овальность оболочек	Излишнее содержание в заварке связующих	Скорректировать связующее
	Прессование блоков в пресс-формах без обогрева	
Расслоение и продольные трещины	1. Высокое удельное давление прессования 2. Мелкий пресс-порошок 3. Недостаточная пластичность пресс-порошка (содержание летучих на нижнем пределе) 4. Недостаточный конус входной части пресс-формы или выработка стенок пресс-формы (поднутрение)	1. Снизить давление прессования 2. Проверить ситовой анализ пресс-порошка 3. Улучшить режим смешения 4. Проверить конусность, заменить в пресс-форме планки
Косина (непараллельность) плоскостей	1. Неравномерная засыпка пресс-порошка 2. Неправильно установлена пресс-форма 3. Нарушена параллельность плоскостей из-за износа пуансона	1. Разравнивать при прессовании пресс-порошок 2. Проверить установку пуансона и матрицы 3. Заменить пуансон или прошлифовать старый
Осыпание углов в прямоугольных блоках	1. Неравномерная засыпка пресс-порошка в пресс-форму 2. Износились углы верхнего пуансона	1. Разравнивать пресс-порошок 2. Прошлифовать торец пуансона

Вид брака	Возможная причина возникновения брака	Меры по предупреждению брака
Недостаточная кажущаяся плотность блоков	Мало удельное давление прессовання	Увеличить удельное давление прессования, подогреть пресс-порошки
Выдувание пресс-порошка при прессовании	1. Велика скорость опускания пуансона 2. Недостаточен зазор между пуансоном и матрицей 3. Мал входной конус	1. Снизить скорость прессования 2. Заменить или отремонтировать пресс-форму 3. Заменить или отремонтировать пресс-форму
Прессование блоков и щеток в пресс-формах с электрическим обогревом		
Выплавление олова и свинца	Высока температура нагрева пресс-формы	Снизить температуру нагрева
Вздутия	1. Повышенное содержание летучих в пресс-порошках 2. Большая разница между температурой пуансона и матрицы	1. Увеличить количество подпрессовок, перейти на прессовку другой партии пресс-порошка 2. Подогреть верхний пуансон
Подсечка канатика	Усики верхнего пуансона не одинаковы, не отрегулирована матрица	Заменить усики, отрегулировать матрицу
Смещение канатика	Не отрегулировано положение пресс-формы	Отрегулировать по высоте положение матрицы

В отпрессованных изделиях проверяют геометрические размеры, массу, кажущуюся плотность, внешний вид, наличие сколов, расслойных трещин, непропрессовку, а также удельное электрическое сопротивление для металлографитных электрощеток, получаемых прессованием в нагретых пресс-формах.

Виды брака при прессовании, его причины и меры предупреждения приведены в табл. 11.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные методы прессовання электроугольных изделий.
2. Какие основные закономерности происходят при прессовании в пресс-форме выдавливанием через мундштук?
3. Расскажите об устройстве пресс-инструмента, применяемого для прессования электроугольных изделий.
4. Для чего применяют гидравлические прессы? Какова их классификация и принцип работы?
5. Объясните устройство механических прессов для прессования втулок.
6. Расскажите об устройстве и принципе работы горизонтального пресса для прессования углей.
7. Как производят расчет удельного давления прессования?
8. В чем состоит контроль процесса смещения и прессования? Каковы основные виды брака и методы его устранения?

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Термическая обработка является завершающей стадией технологического процесса изготовления полуфабриката для электроугольных изделий.

Под термической обработкой следует понимать процесс обжига и графитации, при котором спрессованные изделия с целью придания им необходимых свойств подвергают нагреву и выдержке при соответствующих температурах. До термической обработки спрессованные заготовки не обладают требуемыми качественными характеристиками и только термическая обработка придает им необходимые физико-механические и другие специальные свойства.

§ 30. ОБЖИГ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Обжигу подвергают спрессованные изделия, кроме полученных прессованием в нагретых пресс-формах.

Обжиг электроугольного полуфабриката, содержащего каменноугольное связующее. Цель обжига заключается в превращении связующих (смолопека, каменноугольного пека) из вязкого термопластического состояния, в котором они находятся в спрессованных заготовках, в твердый коксовый каркас, который прочно цементирует частицы порошков и придает необходимую прочность, твердость, а также структуру угольно-графитным изделиям.

Процесс превращения связующих в твердый кокс сопровождается сложными физико-химическими реакциями термического разложения и полимеризации углеводородов связующего.

При термическом разложении в процессе обжига связующего выделяются газообразные продукты и происходит усадка обжигаемого полуфабриката. Между образовавшимися из связующего твердыми прослойками (мостиками) кокса (рис. 65) и углеродистым наполнителем возникают прочные химические связи. В результате резко возрастает прочность, твердость и электропроводность обжигаемых изделий.

Процесс обжига можно разделить на несколько стадий.

В начальной стадии в интервале температур 40—200° С происходит предварительный нагрев и размягчение изделий в связи с плавлением связующего. Выделение влаги, углекислого газа и легких масел наблюдается при температуре до 300° С.

С дальнейшим ростом температуры усиливается выделение летучих и становится наиболее интенсивным при 300—750° С. В этом интервале происходит пиролиз и молекулярная ассоциация продуктов разложения связующего. При 500° С связующее затвердевает и из него образуется полукокс. Нагрев выше 500° С сопровождается перестройкой структуры полукокса, он превращается в кокс. Этот процесс сопровождается выделением газообразных продуктов, состоящих преимущественно из водорода и метана.

Начиная с 750° С, скорость выделения летучих из обжигаемых изделий уменьшается и заканчивается при 1200—1300° С. Этот интервал температур характеризуется уплотнением коксовых прослоек и термическим старением образовавшегося кокса.

Обжиг изделий заканчивается при 1200—1300° С, после чего изделия охлаждают. Температурный режим обжига изделий показан на рис. 66.

Характер протекания описанных процессов, как и интенсивность спекания, зависят от свойств связующих, их количества и композиции, свойств и дисперсности порошковых компонентов, условий обжига.

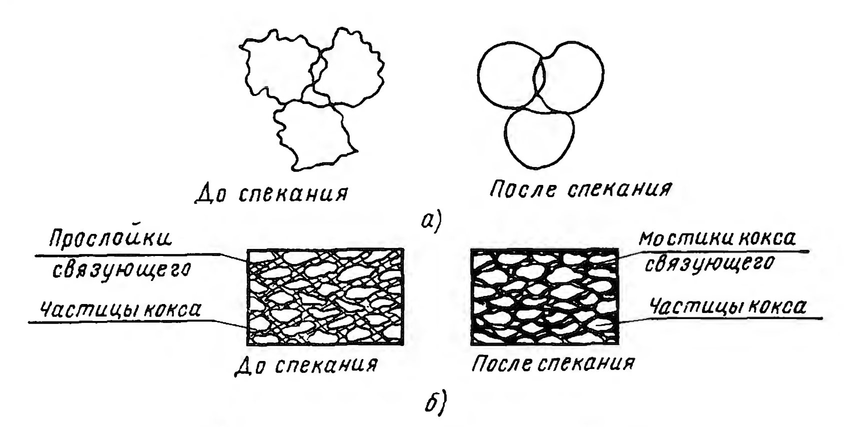


Рис. 65. Спекание частиц порошков во время обжига:
а — металлических, *б* — углеродистых со связующим

При обжиге композиции сажа — высокотемпературный пек начало газовыделений отмечается при 100—200° С, а затем уменьшается и остается постоянным до 400° С (рис. 67). В интервале 200—400° С происходит интенсивное выделение конденсата, связующее переходит в размягченное состояние и начинаются процессы полимеризации и поликонденсации. В области температур 400—600° С наблюдается резкое газовыделение. При дальнейшем росте температуры выделение газов уменьшается, что связано с завершением образования полукокса. Дальнейший нагрев изделий связан с увеличением выхода газов, которое достигает максимума при 700—800° С, а затем с ростом температуры количество выделяющихся газов уменьшается.

В процессе обжига происходит усадка изделия и в результате этого изменяются его размеры и объем.

Усадка тесно связана с разложением связующего и возникает в результате уплотнения межзерновых пленок связующего и в целом структуры обжигаемого изделия.

Если режим выбран рациональным, то и усадка в изделиях будет проходить с максимальным уплотнением и без образования в них трещин.

Величину усадки выражают в процентах по отношению к линей ным размерам или объему до обжига блоков. Величина усадки за висит от свойств и количества связующих в рецептуре композици режима обжига, свойств порошковых компонентов и их дисперс ности.

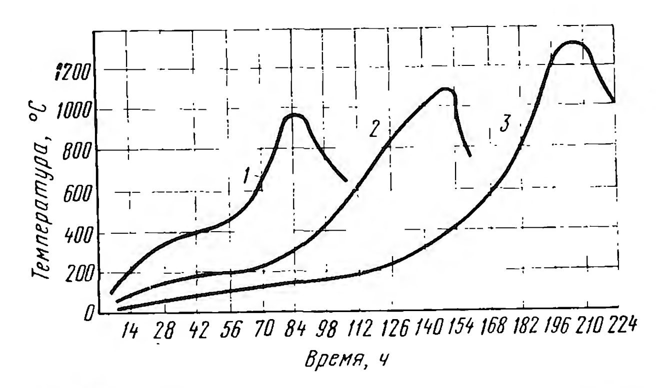


Рис. 66. График подъема температуры при обжиге электроугольных изделий:

1 — блоков электрического полуфабриката различных марок в электрической шахтной печи, 2 — полуфабриката для металлографитных щеток на связующем в кольцевой печи, 3 — элементных осветительных, сварочных углей, фитилей и аналогичной продукции в кольцевой печи

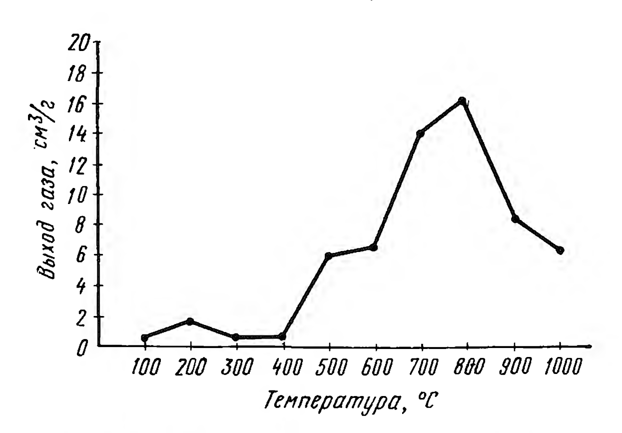


Рис. 67. График газовыделения образца ЭГ74 при скорости нагревания 2 град/мин

Объемная усадка блоков сажевых композиций достигает 25—30%, а коксо-графитных — 10—15%. Величина усадки изделий н одинакова по их сечению. Так, линейная усадка блоков марк ЭГ14 после обжига в направлении прессования составляет 2,5%, в перпендикулярном направлении — 4—4,5%.

Неравномерность усадки изделий служит причиной образовани трещин и других дефектов. Неравномерность усадки происход

вследствие неоднородной плотности спрессованных изделий, быстрого подъема температуры, плохой упаковки, большого перепада температуры в печи.

При избытке связующих наблюдается коробление, образование усадочных трещин и даже вспучивание и осмоление изделий. Вспучивание объясняется недостаточной газопроницаемостью, вследствие чего выделяющиеся при обжиге газы распирают изделия. С увеличением давления прессования величина усадки уменьшается.

Обжиг металлокерамических изделий без связующих. Обжиг металлокерамических изделий чаще называют спеканием. В процессе спекания происходит окончательное формирование свойств и структуры спекаемых изделий.

Процесс спекания представляет количественное и качественное изменение контакта между частицами металлических порошков, вызванное температурной подвижностью атомов металла в кристаллической решетке. Подвижность атомов выражается в ослаблении межатомных связей из-за увеличения амплитуды их колебаний под влиянием нагрева. Наибольшей подвижностью обладают атомы, расположенные в поверхностном слое на ребрах и в вершинах кристаллов.

В результате спекания контакт между частицами из неметаллического превращается в металлический; меняется форма частиц, величина и расположение контактных участков (см. рис. 65, *а*). Увеличение числа участков и изменение характера контакта между частицами вызывают усадку, рост прочности и твердости спекаемого изделия, повышение его плотности, электропроводности, уменьшение пористости.

Спекание металлокерамических изделий сопровождается прониканием атомов под влиянием температуры из одной кристаллической решетки в другую (диффузия), изменением структуры материала в результате роста одних кристаллов за счет других (рекристаллизация), восстановлением поверхностных окислов. Температура спекания металлокерамических изделий обычно составляет 0,5—0,75 величины температуры плавления основного металлического компонента шихты. Спекание продолжается от десятков минут до нескольких часов.

В практике производства металлокерамических изделий приходится иметь дело со спеканием многокомпонентных композиций. Спекание таких систем может происходить без образования и с образованием жидкой фазы.

§ 31. ЗАЩИТНЫЕ АТМОСФЕРЫ И ЗАСЫПКИ ДЛЯ ОБЖИГА И СПЕКАНИЯ

Защитные атмосферы и засыпки применяют для предохранения изделий от окисления в процессе их термической обработки.

Изделия, подвергаемые обжигу или спеканию, могут окисляться кислородом, содержащимся в спекаемых изделиях в виде различ-

ных окислов, или в воздухе, который подсасывается через кладку печи, засыпку, тигли и т. д.

Такое окисление, если спеканию подвергают электрометаллокерамические изделия, приводит к большому снижению их плотности и прочности и другим нежелательным явлениям.

При обжиге углеграфитных материалов доступ кислорода вызывает подгар изделий.

Защитные атмосферы. Выбор того или иного типа защитной атмосферы и ее состава зависит от марки изделий.

В качестве защитных атмосфер применяют водород, генераторный газ, диссоциированный аммиак, конвертированный природный газ, эндо- и экзотермический газ, инертные газы — аргон, азот. Кроме того, защитной средой при спекании является вакуум.

Водород — наиболее распространенный газ, используемый для спекания металлокерамических изделий, магнитов и для восстановления окисленных порошков.

Водород доставляют в баллонах. Согласно ГОСТ 3022—45 в каждом баллоне должно содержаться не менее 99,5% водорода, меньше 0,5% кислорода и минимальный процент влаги.

Для очистки водорода от кислорода и осушки водород пропускают через змеевик при 180—200° С, наполненный медной стружкой.

Водород получают в водородных станциях электролизом водных щелочных растворов. Электролиз проводят при температуре 60—70° С, плотности тока на катоде 400—600 А/м^2 и напряжении 2,1—2,3 В.

Эндотермический газ (эндогаз) применяют при спекании бронзографитных и железо-графитных изделий. Хотя он и обладает меньшей восстановительной способностью, чем водород, но зато во много раз дешевле и менее взрывоопасен. Эндогаз получают путем неполного сжигания природного газа или пропан-бутановой смеси при температуре порядка 1300° С в присутствии катализатора в специальных эндотермических установках. Если нужно, то газ предварительно очищают от серы в специальных камерах с электрообогревом.

Экзотермический газ (экзогаз) получают при сжигании природного газа в определенном соотношении с воздухом при коэффициенте избытка воздуха от 0,6 до 0,9 в специальных установках.

В ряде случаев экзогаз, обладающий окислительными свойствами, очищают от двуокиси углерода и влаги.

Экзогаз используют для низкотемпературного спекания.

Азот и аргон, применяемые при термообработке некоторых видов угольно-графитных изделий в качестве нейтральных газов, поставляют в баллонах под давлением 150 ат. Согласно ГОСТам содержание кислорода в азоте должно быть не более 0,5%, а азота в аргоне — не более 0,008%, кислорода не более 0,001%.

Твердые защитные засыпки. В качестве твердых засыпок при обжиге и спекании электроугольных изделий применяют окись алюминия (прокаленный порошок глинозема), графитовую крупку, ак

тивированный уголь, а также нефтяной и пековый коксы, дробленый брак и отходы после обжига.

При спекании некоторых видов магнитов, содержащих трудновосстанавливаемые окислы циркония или алюминия, используют специальные засыпки, называемые геттерами — смесь порошков церия, лантана, тория, смесь карбонатов бария и стронция, двуокиси титана с порошком типа альни.

Для защиты изделий от окисления применяют также медную фольгу, в которую упаковывают изделия.

Температура плавления засыпки должна быть выше температуры спекания: засыпка не должна взаимодействовать со спекаемым материалом или прикоксовываться при обжиге к изделиям.

Засыпка должна периодически обновляться, так как в процессе ее применения она теряет частично свои активные свойства, а также засоряется посторонними примесями.

Засыпка, используемая для обжига угольно-графитных изделий, должна иметь определенный гранулометрический состав (примерно 0,25—3 мм) и обладать хорошей текучестью (см. § 32).

§ 32. ПЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБЖИГА

Для обжига электроугольных изделий применяют многокамерные (кольцевые), туннельные, электрические печи, а также различные печи периодического действия.

Многокамерные печи имеют съемный свод и постоянный неснимающий свод.

Многокамерные печи с постоянным сводом. Печи этого типа имеют 14—16 камер, расположенных в два параллельных ряда, в которых производят обжиг изделий (рис. 68). Размер камер: ширина 1825 мм, длина 2750 мм, высота 1950 мм. Имеются печи, у которых размер камер составляет 3,4×2, 8×2м.

Печь выложена на бетонной подушке, наружные стены ее кирпичные, а камеры и газоходы футерованы шамотным кирпичом.

Для подвода газогенераторного газа у наружных стен параллельно каждому ряду камер с двух сторон ниже уровня пола расположены газовые каналы *7*, по которым генераторный или природный газ подается через газоприемники и газовые вентили *4* в камеры *3* печи.

Камеры имеют решетчатый пол; в углах их расположены четыре газовых колодца *2*, через которые газ поступает в камеры. Каждый газовый колодец соединен отдельно с газовым подподовым каналом, который, в свою очередь, соединен с воздушным каналом.

При сгорании топлива горячие газы омывают загруженные в камеры изделия, отводятся вниз камеры и через отверстия решетчатого пода по системе газовых каналов, расположенных под подом, направляются либо в соседнюю камеру, либо в трубу.

В центре каждой камеры имеются дымоотводящие каналы, которые при помощи вентилей *5* (конусов) подключаются к центральному дымоходу (борову) *10*, расположенному в середине печи.

Из центрального дымохода отработанные газы и выделяющиеся из изделий при коксовании связующих летучие направляются в трубу, которая создает в печи необходимое разрежение.

Обжиг в каждой камере производится периодически, а печь в целом работает непрерывно. Это достигается тем, что зона огня

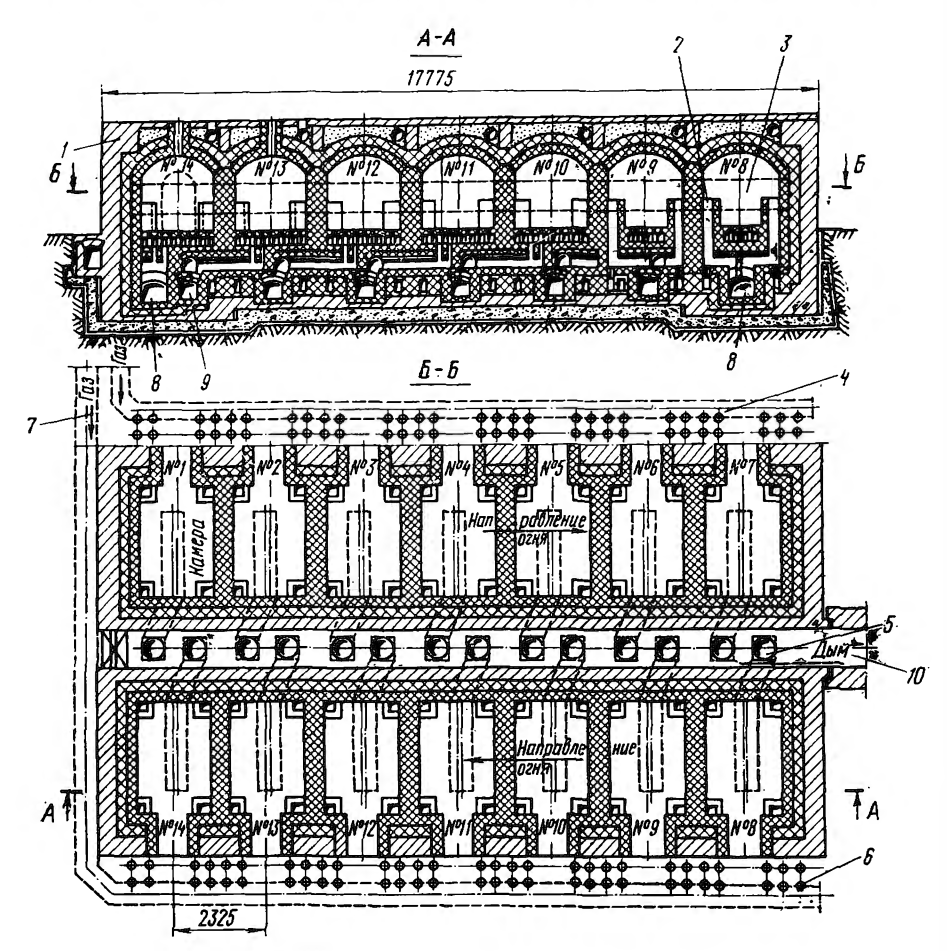


Рис. 68. Четырнадцатикамерная кольцевая печь:

1 — кладка печи, *2* — газовый колодец, *3* — камера, *4* — газовые вентили, *5* — дымоходный вентиль, *6* — свечи газоходов, *7* — канал для подвода генераторного газа, *8* — соединительные каналы между крайними камерами № 1 и 14, а также № 7 и 8, *9* — боров камеры, *10* — боров печи

переходит от одной камеры к другой после того, когда обжиг в предыдущей камере окончен.

Последующие камеры перед огневой становятся на охлаждение и разгрузку, предыдущие — на загрузку и обогрев. Таким образом печь работает по замкнутому кольцу.

Рассмотрим схему работы четырнадцатикамерной кольцевой печи (рис. 69).

Допустим, что в камере № 14 заканчивается обжиг загруженных в нее изделий и она стоит на выдержке. В это время в камеру № 1, открывая в определенном порядке газовые вентили через колодцы, направляют генераторный газ, который начинает гореть и нагрева-

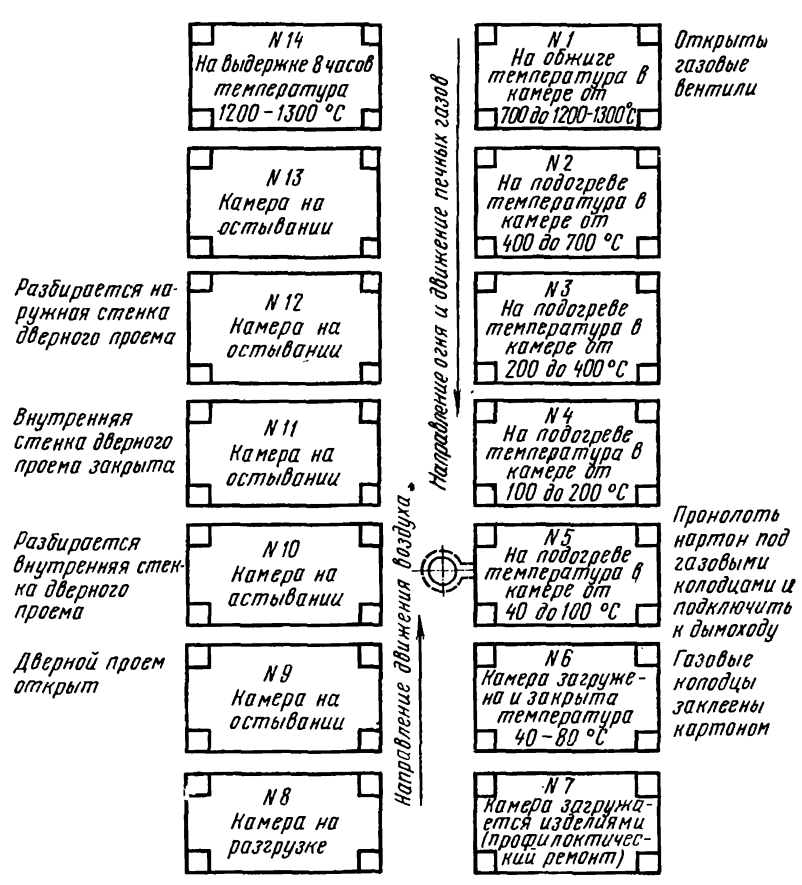


Рис. 69. Очередность работы камер четырнадцатикамерной кольцевой печи

ет изделия. Камеры № 2, 3, 4 находятся на подогреве, причем с помощью открытого дымового конуса камера № 4 соединена с боровом. Камера № 3 в зависимости от хода камеры № 1 (огневой камеры) и подъема температуры в камерах подогрева также может быть подсоединена к борову.

Камеру № 5 путем прокола (через специальные отверстия в кладке) картона и открытия на газовых колодцах дымоходного вентиля подключают к борову.

Камера № 6 загружена изделиями и закрыта; колодцы камеры во избежание подсоса воздуха заклеены картоном.

Камера № 7 загружается изделиями, а камера № 8 разгружается.

Камеры № 9—13 находятся на остывании. Остывание происходит под действием холодного воздуха, который засасывается через эти камеры, при этом он сам за счет тепла, аккумулированного обожженными изделиями и камерой, нагревается до 500—600° и поступает через колодцы в камеры № 14 и 1. В процессе остывания происходит разборка сначала наружных, а затем внутренних стенок дверных проемов камеры.

Когда в камере № 14 выдержка окончена, она ставится на охлаждение, камера № 1 — на выдержку, а в камеру № 2 подводится генераторный газ. Таким образом, процесс обжига передвигается на одну камеру вперед и т. д.

При переводе газа на следующую камеру и подключении очередной камеры на подогрев допускается снижение температуры не более чем на 30° С. Температура в этой камере должна быть по возможности близка к температуре камеры, которая уже была на огне.

В процессе работы следят за тем, чтобы не было избытка воздуха, было обеспечено полное сгорание газа; камеры, находящиеся на подогреве и обжиге, были плотно закрыты, а стенки дверных проемов и отверстия для наблюдения хорошо промазаны во избежание подсоса воздуха.

Для обеспечения нормальной работы печи важно соблюдать тяговый режим. При нормальной работе печи разрежение в начале зоны подогрева должно быть не выше 12—15 мм вод. ст., ибо при более сильном разрежении возможны подсосы воздуха.

Существует несколько температурных графиков кольцевых печей, по которым предусмотрен обжиг до конечной температуры 1060, 1100, 1200, 1300° С в зависимости от марки обжигаемых изделий. Большинство графиков ориентировано на свободный подъем температуры до 100—150° С; подъем по 5—10 град/ч до температуры 200—400° С; по 10 град/ч до температуры 300—500° С; от 10 до 20 град/ч до температуры 500—700° С; по 25—30 град/ч выше 700° С и выдержку при конечной температуре от 6 до 8 ч. Остывание изделий происходит по произвольному графику.

Общая длительность обжига, включая время для охлаждения в печах кольцевого типа, составляет 18—20 суток.

Многокамерные печи со съемным сводом. Работа кольцевых печей со съемным сводом аналогична работе, описанной четырнадцатикамерной печи с постоянным сводом. Однако конструкция таких печей имеет принципиальные особенности.

В этих печах тепло, получаемое при сгорании газов, передается обжигаемым изделиям через стенку, что обеспечивает более равномерный прогрев изделий, уменьшает перепад температур по высоте камер. Наличие съемного свода позволяет механизировать процесс загрузки и выгрузки обожженных изделий.

Печь имеет 18 камер размером 2,8×4,1 м, высотой 2,5 м. Камеры заглублены в землю на 2,2 м и каждая разделена на четыре секции размером 1,1×1,74 м. Камеры перекрываются съемными крышками, футерованными огнеупорным кирпичом. Печь работает так, что число камер, стоящих на выдержке, — 1; находящихся на разгрузке — 1; на загрузке — 1; находящихся на ремонте или в резерве — 1; находящихся на газе или подогреве — 8; находящихся на охлаждении — 6.

Туннельные печи. Туннельная печь (рис. 70) является печью непрерывного действия. Она представляет собой канал длиной 63,4 м, шириной 1,4 м, высотой 2,3 м, вдоль которого по рельсовому пути

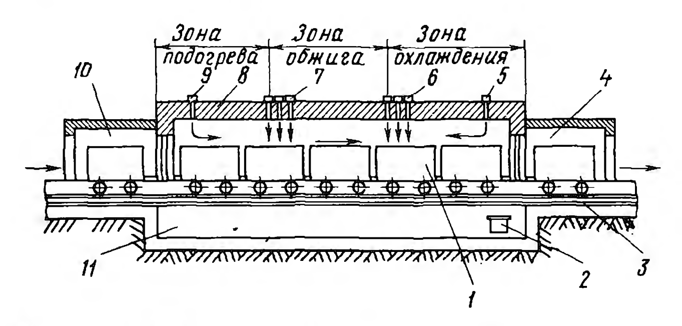


Рис. 70. Схема туннельной печи для обжига электроугольных изделий:

1 — вагонетки, 2 — окно подачи воздуха в подпечной канал, 3 — рельсовый путь, 4 — выходная камера, 5 — подача воздуха на охлаждение изделий, 6 — завеса зоны охлаждения, 7 — завеса зоны обжига, 8 — корпус печи, 9 — завеса зоны подогрева, 10 — входная камера, 11 — подпечной канал

движется поезд из 40 вагонеток * с загруженными в них изделиями. В печи поддерживается заданный температурный, газовый и гидравлический режимы по всей ее длине, что обеспечивает стабильность обжига.

Основными элементами туннельной печи являются: канал печи с входной и выходной камерами, вагонетки, топка и система газовых горелок, рельсовый путь, по которому движутся вагонетки, песочный затвор для разделения рабочего канала печи от подвагонеточного пространства, система вентиляторов и газовоздуховодов, дымовая труба, контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура.

Туннельная печь разделена на позиции, число которых равно 40 (по числу вагонеток в печи).

Распределение вагонеток (позиций) по зонам обжига (рис. 71) следующее: с 1 по 18 (90—750° С) приходится на зону подогрева, с 19 по 26 (900—1200° С) — на зону обжига и с 27 по 40 (1050—80° С) — на зону охлаждения.

---

* Число вагонеток на рис. 70 показано условно.

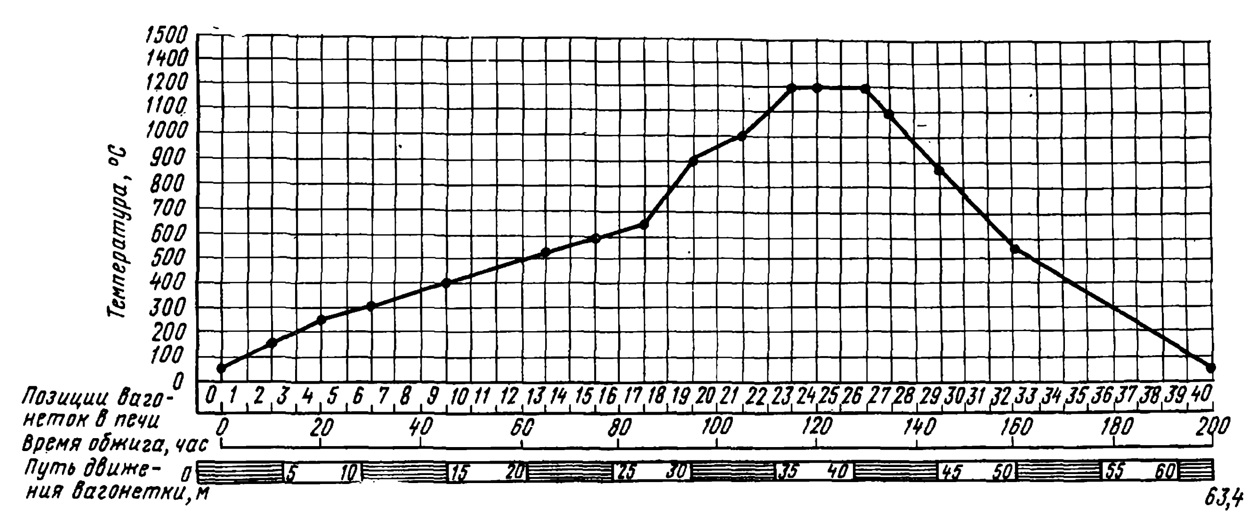


Рис. 71. Температурный график спекания электроугольных изделий в туннельной печи

В зоне подогрева печи имеется восемнадцать смесительных горелок, по девять с каждой стороны, в зоне обжига — тридцать восемь смесительных горелок; последние восемь пар горелок могут работать как на обычном природном газе, так и на подогретом. Сжигание топлива производится с избытком воздуха, поэтому газовая среда печи в основном окислительная.

В боковых стенах печи имеются на соответствующих позициях окна, через которые уходят дымовые газы, а также удаляется избыток горячего воздуха.

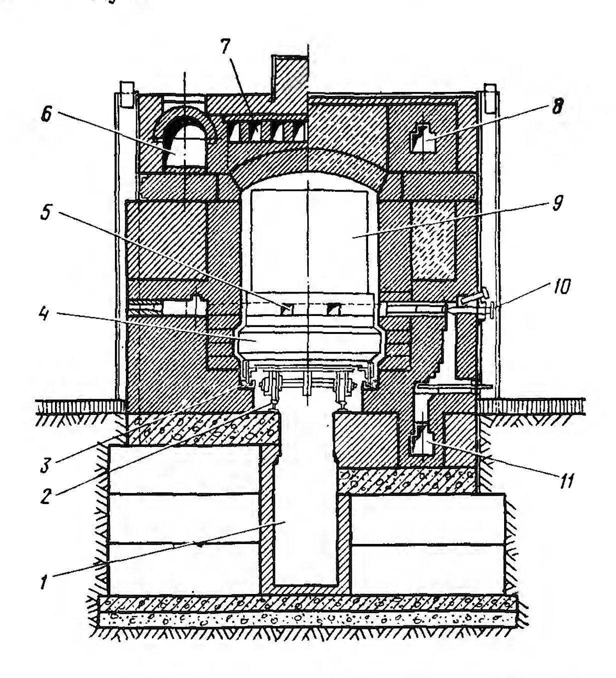


Рис. 72. Разрез туннельной печи (зона обжига):
1 — подпечной канал, 2 — рельсовый путь, 3 — песочный затвор, 4 — вагонетка, 5 — канал в корпусе вагонетки, 6 — дымосборный канал, 7 — устройство для завесы, 8 — канал для отбора газов на завесы, 9 — кессон с изделиями, 10 — горелка, 11 — эжекторный канал

В печи постоянно находится поезд из сорока вагонеток (см. рис. 70).

Вагонетка представляет собой металлический каркас на колесах, сверху которого из огнеупора выложен под. Для создания уплотнения к раме вагонетки приварены стальные листы-фартуки песочного затвора.

Под вагонетки имеет трапецеидальные выступы, которые входят в соответствующее углубление, предусмотренное по всей длине рабочего канала печи, и образуют лабиринтное уплотнение (рис. 72). Аналогично устроено и уплотнение между двумя вагонетками. Такое уплотнение создает дополнительное сопротивление

для газов в печи и обеспечивает достаточную герметизацию рабочего канала печи от подпечного канала, надежную работу скатов вагонетки и плавное передвижение всего поезда вагонеток по каналу печи.

Над подом вагонетки из огнеупорного кирпича выложен кессон *9*, в который загружают изделия для обжига. Для лучшего и равномерного прогрева внизу кессона имеются горизонтальные каналы *5*, расположенные на уровне и по центру горелок.

Перед загрузкой очередной вагонетки из зоны охлаждения выкатывают с помощью лебедки в выходную камеру вагонетку с уже остывшими обожженными изделиями.

На переднем конце печи с помощью гидравлического толкателя из входной камеры заталкивают одну вагонетку с изделиями в печь, при этом весь поезд продвигается вперед. Загрузку и выгрузку вагонеток с изделиями производят через каждые 5 ч.

Дымовые газы, образуемые при сжигании генераторного или природного газа, движутся в зоне подогрева примерно до позиции *11* (см. рис. 71) параллельно направлению движения вагонеток с изделиями. Начиная с позиции *11*, поток газов движется противотоком навстречу вагонеткам с изделиями. Такой характер движения газов необходим для того, чтобы предотвратить конденсацию выделяющихся из связующих летучих на более холодных участках печи зоны подогрева. Конденсация летучих может привести к образованию на внутренних стенках кладки отложений углерода и нарушить нормальную работу печи.

Вагонетки с изделиями в зоне подогрева нагреваются при сжигании генераторного или природного газа до 700—750° С; время нахождения вагонеток в этой зоне составляет 90 ч.

В зоне подогрева на позициях *6* и *16—18* имеются воздушно-газовые завесы. Завеса на позиции *6* обеспечивает направленность потока газов параллельно движению вагонеток и выравнивает температуру по сечению канала печи. Завеса на позициях *16—18* отделяет зону подогрева от зоны обжига и обеспечивает равномерное перемешивание газов в канале печи.

В зоне обжига изделия нагреваются до 1200° С за 40 ч. Подогрев в этой зоне осуществляется путем сжигания генераторного или природного газа и, кроме того, частично используется тепло, выделяющееся при сгорании в канале печи летучих из связующего.

Пройдя зону обжига, вагонетки с изделиями попадают в зону охлаждения. На стыке зоны обжига и охлаждения (поз. *27* и *28*) имеется также воздушно-газовая завеса, которая разделяет эти две зоны и препятствует проникновению продуктов сгорания из зоны обжига.

В зоне охлаждения изделия встречают поток холодного воздуха, который нагнетается вентилятором в канал через щели, расположенные в камере на позициях *39* и *40*.

В зоне охлаждения вагонетки с изделиями остывают до 60—80° С, время пребывания в этой зоне составляет 70 ч. Пройдя зону охлаждения, вагонетки попадают в выходную камеру.

Общий цикл обжига изделий в туннельной печи длиной 63,4 м составляет 200—240 ч. Практика показала, что обжиг изделий по более сокращенному графику приводит к появлению брака.

В процессе работы печи в подвагонеточном пространстве, куда с помощью вентилятора нагнетается воздух, давление должно быть таким же, как и в канале печи, иначе холодный воздух из подвагонеточного пространства проникнет в рабочий канал.

Для перемещения газов и воздуха по каналу печи должна быть обеспечена разность напоров, которая создается работой вентиляторов и дымовой трубой. Наибольшее давление устанавливается в конце зоны охлаждения на поз. *34* и составляет 2—2,5 мм вод. ст.; на поз. *28* оно равно 1,8 мм вод. ст.; в начале зоны обжига на поз. *19* оно достигает 1,5 мм вод. ст.; на поз. *11* — всего 0,5 мм вод. ст.

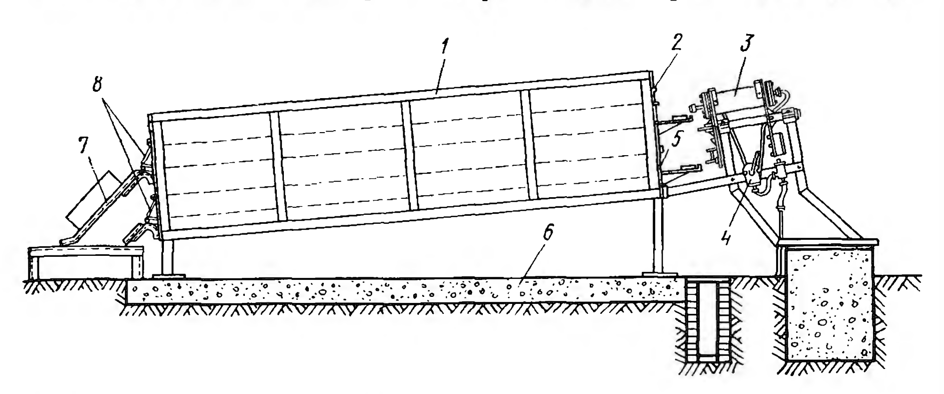


Рис. 73. Электрическая четырехканальная печь непрерывного действия для обжига бронзо-графитных изделий:

1 — каркас, *2* — верхнее входное окно, *3* — толкательный пневматический механизм, *4* — распределительная рукоятка управления толкательным механизмом, *5* — нижнее входное окно, *6* — фундамент, *7* — приемное устройство, *8* — выходное окно верхнее и нижнее

Разрежение в дымовом борове поддерживается в пределах 6—7 мм вод. ст., что обеспечивает удаление продуктов горения из печи и не вызывает большого подсоса воздуха в печь через кладку.

Нагрев изделий в вагонетках не одинаков по высоте. Наибольший температурный перепад достигает 65—70° С в нижней части вагонеток; в кольцевых печах перепад температуры по высоте камер составляет 100—120° С.

Работа туннельной печи регулируется путем поддержания на заданном уровне температурного, газового и гидравлического режимов.

Электрические печи. К электрическим печам периодического действия относятся шахтные печи типа Ц-35, Ц-75 и Ц-90. Максимально допустимая температура обжига в таких печах составляет 900—950° С.

К электрическим печам непрерывного действия относятся муфельные толкательные механизированные печи горизонтального или наклонного типа и печи конвейерного типа.

Электрическая четырехканальная печь приведена на рис. 73. Для обжига в этих печах изделия помещаются в металлически коробки (тигли), которые механическим толкателем последовательно через определенный промежуток времени проталкиваются в канал печи. Температурный режим спекания следующий. Для блоков марки МГ и МГСО температура канала 810—850° С, время проталкивания тиглей 30 мин; для блоков марки СГ и СГ-1 температура канала 680—750° С, время проталкивания тиглей 60 мин. Общая продолжительность времени нахождения изделий в печи 4—16 ч.

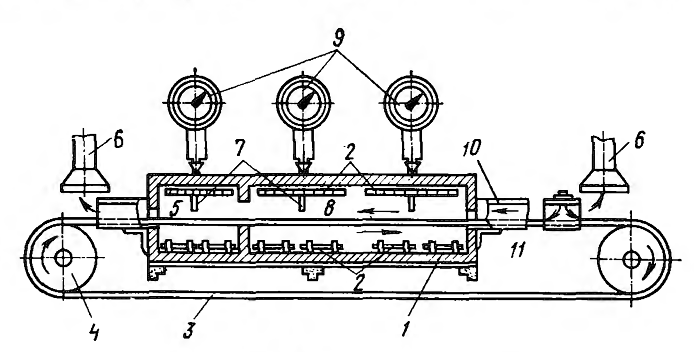


Рис. 74. Схема конвейерной печи:

1 — корпус печи, *2* — электрические нагреватели, *3* — бесконечная лента из окалиностойкой проволоки, *4* — ведущий барабан, *5* — зона нагрева, *6* — вытяжные зонты, *7* — термопары, *8* — зона выдержки, *9* — регулирующие приборы, *10* — подача в печь защитного газа, *11* — зона охлаждения

В печах конвейерного типа (рис. 74) изделия для обжига укладывают на конвейерную ленту, которая перемещается внутри корпуса печи навстречу защитному газу и последовательно проходит зоны нагрева, выдержки и охлаждения. В некоторых случаях изделия укладывают на специальные поддоны. Рабочая температура в таких печах составляет 1100—1200° С.

В качестве защитной атмосферы применяют обычно водород.

Упаковка изделий в обжиг. От тщательности выполнения упаковки изделий в обжиг зависит качество обжига изделий.

Угли упаковывают в керамические шамотные тигли (рис. 75). Сверху тигли закрывают шамотными крышками и замазывают огнеупорной глиной. В некоторых случаях блоки и плиты различных марок электрощеточного полуфабриката упаковывают в металлические коробки, причем блоки и плиты ставят на ребро. Упаковку электроугольных изделий для обжига производят также в кессоны. Кессоны представляют собой прямоугольные коробки из огнеупорного кирпича. При обжиге в кольцевых печах кессоны выкладывают внутри камер, а при обжиге в туннельных печах кессоны располагают на вагонетках. Внутрь таких кессонов часто вставляют металлические коробки с упакованными изделиями. Особое внимание уделяют исправности и тщательной промазке стенок кессонов, так как малейшие трещины могут служить причиной массового брака.

Качество обжига в кессонах уступает качеству обжига в тиглях.

При упаковке изделий в обжиг применяют углеродистую засыпку — крупку нефтяного или пекового кокса, а также дробленые отходы или брак обожженных изделий. Особенно хороший эффект дает применение засыпки из термоантрацита.

Засыпка не только защищает изделия от окисления, но и поглощает некоторое количество летучих. Засыпка должна обладать хорошей активностью и текучестью, так как плохая текучесть служит причиной деформации и образования трещин в обжигаемых изделиях. Практикой установлено, что засыпка должна иметь размер зерен не выше 3 мм и быть свободной от пылевых фракций, которые ухудшают ее текучесть. Следует отметить, что засыпка активно предохраняет изделия от окисления при температурах выше 400—450° С. Для предохранения от окисления при более низких температурах необходимо создать достаточную герметичность упаковки.

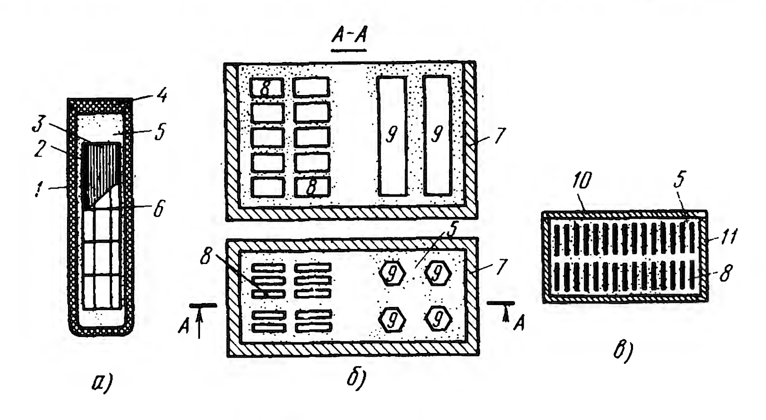


Рис. 75. Схемы упаковки изделий в обжиг:

а — углей и оболочек в керамические тигли, *б* — изделий в кессоны, *в* — изделий в металлические коробки; *1* — керамический тигель, *2* — обожженные угли, *3* — необожженные угли, *4* — шамотная крышка, *5* — коксовая засыпка, *6* — картонная прокладка с обвязкой, *7* — стенка кессона из огнеупорного кирпича, *8* — спрессованные блоки, *9* — пачки углей, *10* — крышка, *11* — металлическая коробка

Контроль процесса обжига. Контроль процесса обжига зависит от типа используемых печей.

В кольцевых печах в камерах обжига контролируют температуру и разрежение.

В туннельных печах контролируют температуру на ответственных позициях вдоль рабочего канала, по зонам и в подвагонеточном пространстве. Также контролируют давление и разрежение в канале печи, по зонам, в газовоздухопроводах и подвагонеточном пространстве. Помимо этого проверяют состав газовой среды на содержание CO и CO_2.

В электрических печах в основном контролируют температуру по зонам нагрева. Для контроля температуры до 1000° С используют хромель-алюмелевые, а до 1300° С — платинородий-платиновые

термопары в комплекте с электронными потенциометрами типа ПСР. Все показания приборов записывают в журнал, который передается из смены в смену.

§ 33. ГРАФИТАЦИЯ

Назначение. Графитацией называется процесс высокотемпературной термической обработки углеродистых обожженных материалов. Графитации подвергают полуфабрикат (который предназначен для изготовления электрощеток группы ЭГ, анодов и др.), угли с целью получения изделий спектральной чистоты, графит с целью обеззоливания.

В процессе графитации происходит перестройка структуры углеродистых материалов, они приобретают кристаллическое строение, присущее графитам, в результате этого изменяются их свойства: возрастает плотность (истинный удельный вес) материала, его электропроводность и теплопроводность, снижается твердость и механическая прочность, резко уменьшается зольность, повышаются антифрикционные свойства.

В ходе графитации при нагреве до температуры 1200—1300° С, при которой происходит обжиг, изделия за счет термического расширения увеличиваются в размерах. При дальнейшем нагреве в пределах 1200—1600° С происходит перестройка и уплотнение структуры материала; материал начинает претерпевать усадку. Интервал нагрева от 1600 до 2100° С называется предкристаллизационным в связи с тем, что здесь отмечается упорядочение структуры материала; усадка материала еще продолжается. При нагреве материала выше 2100° С одновременно с продолжающимся процессом кристаллизации вещества происходит уже увеличение линейных размеров материала за счет термического расширения. Графитация заканчивается при температуре 2400—2800° С.

Условия протекания описанных выше процессов зависят от свойств порошковых материалов и связующих, гранулометрического состава, наличия примесей (например, бора) и других факторов.

Углеродистые вещества по способности их к графитации делят на хорошо и плохо графитирующиеся. Имеются углеродистые материалы, которые по своей способности к графитации относят к переходному типу. К хорошо графитирующимся материалам принадлежат нефтяные и пековые коксы. Ламповая сажа графитируется значительно труднее.

На процесс графитации существенное влияние оказывают примеси. Так, например, наличие кислорода, серы и нитросоединений затрудняет, а наличие водорода способствует графитации. Небольшие добавки бора ускоряют процесс графитации.

Основными характеристиками процесса графитации являются температура и удельный расход электрической энергии.

В электроугольном производстве графитацию полуфабриката проводят при 2600—2800° С и реже при 3000° С, расход электрической энергии в зависимости от марки изделия составляет в среднем 4—8 кВт·ч/кг.

Скорость подъема температуры при графитации до конечной существенно влияет на физико-механические свойства графитированных материалов. При большой скорости подъема температуры появляется опасность возникновения в изделиях трещин.

Графитацию электроугольных материалов производят в специальных электрических печах двух типов: с нерегулируемым сопротивлением — печи Ачесона (НЕРС) с загрузкой до 7 Т и выше, а также с регулируемым сопротивлением (РС) с загрузкой до 2—4 Т.

Печи НЕРС. Печь НЕРС (рис. 76) представляет собой прямоугольную кирпичную коробку на бетонной подготовке. В нижней

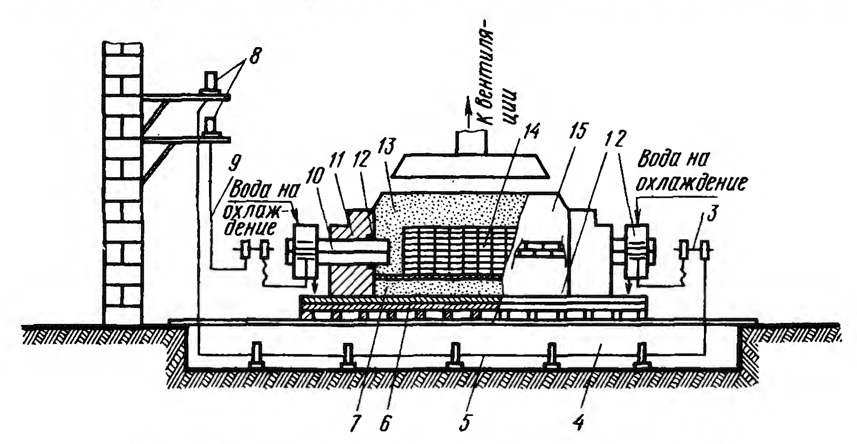


Рис. 76. Схема печи с нерегулируемым сопротивлением:

1 — печь, *2* — башмак для подвода тока к электродам, *3* — перемычка для подсоединения печи к шинопроводу, *4* — канал, *5* — длинный участок шинопровода, *6* — подина, *7* — теплоизолирующий слой, *8* — магистральные шинопроводы, *9* — короткий участок шинопровода, *10* — электроды, *11* — торцевая стенка, *12* — уплотнение из графита, *13* — засыпка из кокса и сажи, *14* — укладка блоков, *15* — боковая разборная стенка

части печи имеется подина *6* из огнеупорного шамотного кирпича, внизу которой расположены воздушные каналы для охлаждения.

В торцевых стенах *11* с двух противоположных сторон неподвижно установлены графитовые токоподводящие электроды *10*. Боковые кирпичные стены *15* делаются разборными. К электродам с помощью болтов и охлаждаемых водой башмаков *2* плотно прижаты медные шины, через которые подводится электрический ток.

Питание печей графитации электрическим током производится от печных однофазных трансформаторов мощностью 320, 1000 и 2500 кВА. Мощность трансформатора определяется объемом загрузки печи. Один трансформатор обслуживает секцию, состоящую из 4—6 печей.

Для питания от трансформатора к печам укладывают магистральный шинный пакет *8*. От магистрального шинного пакета идет шинопровод *9* (короткий участок) к ближайшему электроду и шинопровод *5*, который проложен в канале (длинный участок) к другому электроду печи.

Для снижения индуктивного сопротивления магистрально пакета его делают составным из нескольких плоских шин (медн или алюминиевых), у которых отношение толщины к высоте соста ляет 1 10÷25.

Процесс графитации состоит из трех этапов:

1) загрузки печи графитируемым полуфабрикатом;
2) собственно графитации;
3) охлаждения и разгрузки печи.

Качество графитации во многом зависит от тщательности з грузки изделий в печь (упаковки). Загрузка состоит из ряда посл довательных операций: подготовки печи, расчета веса и объем керна, укладки изделий, заполнения печи теплоизоляцией и пер сыпкой.

В качестве теплоизоляции в печи НЕРС применяют термическу сажу, в качестве пересыпки — дробленый нефтяной или пековы кокс.

При правильной загрузке и хорошей теплоизоляции равномерн распределяется ток и температура по сечению керна, повышаетс качество и однородность свойств изделий. При плохом состояни подины и недостаточной теплоизоляции наблюдается большой пе репад температуры и утечка тока.

До начала загрузки производят осмотр и ремонт печи, особенн обращают внимание на состояние подины. При наличии трещин выплавления, зашлакованности подину ремонтируют или перекла дывают. Затем делают расчет керна печи. Расчет необходим дл того, чтобы определить массу и количество блоков по ширине, вы соте и длине керна, а также количество рядов в керне.

Керн следует загружать блоками одной марки и одних и те же размеров. Перед загрузкой блоки очищают от засыпки, взвеши вают и приступают к укладке в печь.

Вначале подину заполняют теплоизолирующим слоем сажи Затем на слой сажи укладывают листы фанеры. Блоки начинаю укладывать на фанеру плашмя пакетами, оставляя между ним промежутки. Иногда по длине керна делают всего два или три про межутка.

Когда по длине печи уложен первый ярус блоков, начинаю кладку боковой стенки из шамотного кирпича на огнеупорном раст воре. Затем в пространство между стенкой и первым ярусом блоко засыпают слой сажи, а в промежутке между пакетами — коксовую прокаленную пересыпку. Чтобы не смешалась сажа с пересыпкой сбоку вертикально устанавливают фанеру, которую затем удаля ют. Таким образом продолжают наращивать керн по высоте и длине.

После окончания укладки блоков на их поверхность насыпаю слой крупной пересыпки, а сверху — теплоизолирующий слой све жей сажи.

Керн печи должен быть собран ровно и симметрично по отноше нию оси печи, для чего в процессе его загрузки пользуются шабло нами.

После окончания загрузки изделий проверяют надежность крепления шин к электродам, зачищают контакты соединительных шин, и печь подключают к шинопроводам.

Перед началом графитации, зная массу загруженных изделий и удельный расход, мастер устанавливает общее количество энергии, которое необходимо затратить на процесс графитации.

Разделив полученное количество на коэффициент счетчика, получают расход электрической энергии на графитацию по показаниям данного счетчика.

Керн печи в холодном состоянии имеет большое электрическое сопротивление. Чтобы преодолеть это сопротивление, графитацию начинают с подачи в печь напряжения 130—137 В. Для этого при помощи автотрансформатора переключают секции на первичной обмотке трансформатора (мощность трансформатора 2500 кВА).

По мере разогрева электрическое сопротивление керна падает, а сила тока, идущего через печь, возрастает и может превысить номинальную мощность трансформатора. Поэтому трансформатор переключают на более низкое напряжение — 85 В.

При дальнейшем повышении температуры в печи и снижении сопротивления керна напряжение уменьшают до 67 В, которое не меняют до конца кампании.

Таким образом, удается ввести в печь графитации заданное количество электрической энергии. Сила тока, которая проходит через печь, может достигать порядка 11 000 А.

За несколько часов до окончания процесса замеряют температуру керна. Если температура керна и расход электрической энергии достигли требуемой величины, печь отключают. Расход электрической энергии и температура графитации зависят от марки графитируемых изделий.

Время нахождения печи графитации под током в зависимости от веса загрузки составляет 50—70 ч и выше.

После окончания графитации печь естественным образом охлаждается в течение 4—6 суток.

Охлажденную печь осторожно разбирают: снимают боковую стенку, верхний слой засыпки и выгружают блоки в металлическую тару.

Преждевременное раскрытие печи приводит к подгару графитированных изделий. Особенно такого подгара боится полуфабрикат для сажевых электрощеток.

В печах НЕРС производят также термическое обеззоливание (рафинирование) натурального графита, в результате чего содержание золы с 3—5% уменьшается до 0,5%.

Подготовка печи для рафинирования графита аналогична подготовке ее для графитации полуфабриката.

Графит упаковывают в угольный ящик, выложенный из обожженных и графитированных угольных плит вдоль оси печи. В центре ящика в графите прокладывают сердечник из брака или боя графитированных плит. В качестве термоизолирующего материала применяют засыпку из сажи.

В процессе графитации имеют место значительные потери (до 40%) электрической энергии. Большие потери наблюдаются в шинопроводах и в местах соединения шин с электродами. Для уменьшения потерь необходимо контакты между шинами тщательно зачищать, а печи графитации располагать возможно ближе к источникам электрической энергии.

Печи с регулируемым сопротивлением (РС). Электрическая печь РС отличается от печи НЕРС наличием подвижных электродов. Использование подвижных электродов позволяет регулировать сопротивление керна и силу тока в процессе графитации, а также автоматизировать сам процесс.

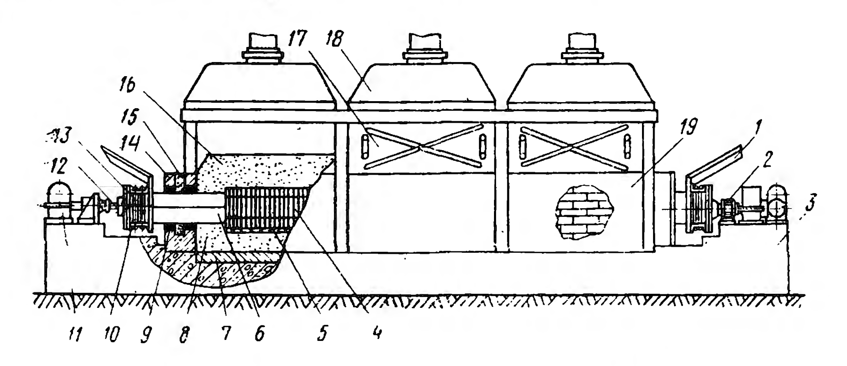


Рис. 77. Разрез печи графитации типа РС-2000:

1 — токоподводящая шина, *2* — электродвигатель, *3* — бетонный фундамент, *4* — загружаемые блоки, *5* — фанера, *6* — электрод, *7* — подина, *8* — слой сажи, *9* — графитовые опорные пластины, *10* — обойма, *11* — червячные редукторы, *12* — винты поджима и раздвижки, *13* — изолирующие пластины, *14* — торцевая стенка, *15* — порошок графита, *16* — изолирующий слой засыпки, *17* — съемная дверца, *18* — вытяжной зонт, *19* — боковая стенка

В настоящее время наиболее широкое применение как более экономичные находят печи РС с объемом загрузки 2000—4000 кг (рис. 77).

Печь РС-2000 имеет две торцовые *14* и боковые *19* стенки из шамотного кирпича. Подина печи *7* из шамотного кирпича опирается на бетонный фундамент *3*. Каркас из уголкового железа придает жесткость стенкам печи.

В торцовых стенках размещены подвижные электроды *6* сечением 200×200 мм. Чтобы предохранить печь от подсоса воздуха, в торцевых стенках сделаны проемы, которые заполняют порошком графита *15*. Для уменьшения трения под электроды в торцевых стенках подложены графитовые опорные пластины *9*.

Для подвода электрического тока, а также перемещения электродов служат обоймы *10* из швеллеров, которые болтами прочно крепятся к наружным торцам электродов. К обоймам подводятся гибкие шины, связывающие печь с главным шинопроводом. К торцам обойм привернуты изолирующие пластины *13* из шифер-асбеста, к которым подсоединяются упорные фланцы. Фланцы связаны с винтами *12*, имеющими правое и левое вращение и соединенны

ми со спаренными червячными редукторами *11*, приводимыми во вращение от электродвигателей *2*.

Для контроля давления электродов на керн между электродами и винтами встраивается реле давления.

Печь РС-2000 питается от двух однофазных трансформаторов ЭПОМ 350/10 мощностью 320 кВА каждый.

Трансформаторы могут обслуживать группу в 4—5 печей.

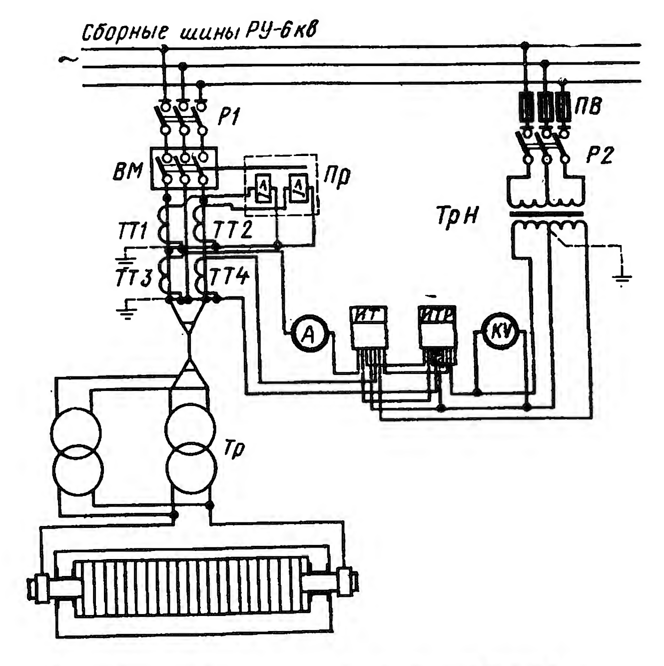


Рис. 78. Электрическая схема печи графитации РС:

Р1, Р2 — разъединители, *ВМ* — масляный выключатель, *Пр* — привод масляного выключателя, *ТТ1, ТТ2, ТТ3, ТТ4* — трансформаторы тока, *ТрН* — трансформатор напряжения, *ИТ* — счетчик активной энергии, *ИТР* — счетчик реактивной энергии, *А* — амперметр, *KV* — киловольтметр, *Тр* — трансформатор, *ПВ* — предохранители

Управление работой печи кнопочное или автоматическое. Электрическая схема управления работой печи РС приведена на рис. 78.

Блоки, подлежащие графитации, укладывают на торец (см. рис. 76) длинными рядами без промежутков, наращивая керн в ширину и высоту. Керн должен быть строго симметричен относительно оси электродов.

Когда керн загружен, блоки равномерно сжимают электродами с двух сторон. После этого загруженные изделия с боков и сверху засыпают слоем термоизоляции не менее 150—250 мм, в качестве которой применяют термическую сажу. Засыпка не должна быть сырой или иметь повышенную зольность.

После загрузки изделий печь проверяют и подключают к шинопроводам. Одновременно дается задание на расход электрической энергии и указывается конечная температура графитации.

Процесс графитации в печах РС-2000 можно разделить на три периода.

В начальном периоде вследствие сжатого керна в течение первых 1—1,5 ч происходит сравнительно быстрое и произвольное нарастание тока.

Во втором периоде в результате разогрева керна до 1300—1600° С происходит усадка загруженных изделий. Так как величина

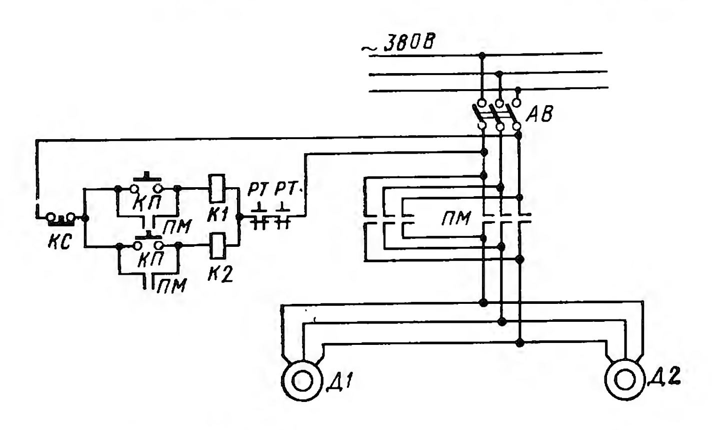


Рис. 79. Схема управления электродами печи РС:
АВ — автоматический выключатель, *ПМ* — реверсивный магнитный пускатель, *КП* — кнопка «Пуск», *КС* — кнопка «Стоп», *К1*, *К2* — катушки магнитного пускателя, *РТ* — контакт теплового реле, *Д1*, *Д2* — двигатели переменного тока

усадки превышает значение линейного расширения блоков при нагреве, то в результате контакты между изделиями ослабевают, а сопротивление керна возрастает. В это время с помощью электродов (рис. 79) сжимают керн для того, чтобы понизить его сопротивление и обеспечить дальнейший подвод мощности и рост температуры. Электроды сдвигают с помощью червячных винтов, приводимых в действие электродвигателями *Д1*, *Д2*. Общее сопротивление керна падает, начинается интенсивный рост мощности и температуры в печи.

В третьем периоде (температура выше 2100° С) рост мощности и величина тока, проходящего через печь, начинают лимитироваться мощностью трансформатора. В это время усадка блоков закончена и начинается увеличение их размеров. Для поддержания величины тока на одном уровне в этот период электроды раздвигают и тем самым увеличивают сопротивление керна печи. В этом периоде устанавливается устойчивый режим, причем электрическое сопротивление до конца керна почти не изменяется. При достижении необходимой температуры и расхода электрической энергии печь отключают.

Остывание печи продолжается 3—4 суток, и когда изделия достаточно охладятся, их выгружают.

Удельный расход электрической энергии в печах описанного типа меньше, чем в печах НЕРС, и составляет в среднем 3,5—5,6 кВт·ч/кг.

Автоматическое управление работой печами РС основано на использовании схемы поддержания постоянной величины давления электродов на керн во время первого и второго периодов графитации, а также схемы, ограничивающей возрастание тока в третьем периоде сверх допустимого по мощности трансформатора.

Кроме того, предусмотрено блокировочное устройство, отключающее одну из двух указанных схем и включающее другую.

Контроль процесса графитации. Процесс графитации контролируют по температуре керна, напряжению, силе тока и количеству электрической энергии, расходуемой на графитацию изделий.

Для измерения температуры в керн печи укладывают три смотровых блока, в которые вставляют смотровую и газоотводящую трубки. Так как пары зольных примесей, которые выделяются во время графитации, искажают истинное значение температуры, то для их удаления смотровые блоки продувают азотом или аргоном. После такой продувки измеряют температуру с помощью пирометра ОППИР-017.

В настоящее время для измерения температуры графитации начинают применять дилатометрические термометры. Силу тока, напряжение и количество электрической энергии измеряют на электрических приборах.

Контроль качества изделий, полученных после графитации, производят путем определения плотности (истинного или пикнометрического удельного веса) материала, а также содержания золы и удельного электрического сопротивления.

Для оценки степени графитации углеродистых материалов используют рентгеноструктурный анализ.

§ 34. БРАК ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

В процессе термической обработки (обжига и графитации) часто возникает брак. Основной причиной брака является нарушение режима обжига или графитации. Помимо этого брак во время термической обработки может возникнуть в результате различных отклонений на более ранних стадиях технологического процесса. Поэтому необходим большой опыт для того, чтобы установить истинную причину брака и принять меры для его ликвидации.

Брак при обжиге и графитации может быть наружным или скрытым.

Наружный брак изделий в виде трещин, раковин, подгаров, осмоления, коробления, искривления и окисления легко обнаружить внешним осмотром.

Скрытый брак в виде трещин, рыхлостей, включений, расслоез обнаруживается при разрезании изделий.

Брак по твердости, удельному электрическому сопротивлению, механической прочности и другим показателям выявляется только после физико-механических и других испытаний полуфабриката или готовых изделий по установленным методикам.

Каждой марке полуфабриката свойствен характерный только для него брак. Однако некоторые виды брака могут быть общими для всех типов изделий.

Наиболее часто встречающийся вид брака при термической обработке — трещины. Форма трещин может быть разнообразной (рис. 80), они могут быть одиночными или групповыми.

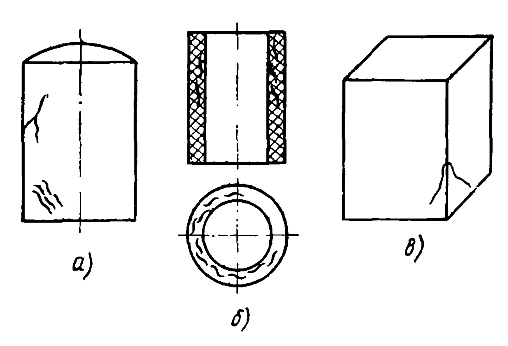


Рис. 80. Трещины при обжиге:
а — одиночные и групповые в цилиндрических заготовках, *б* — в трубах, *в* — в прямоугольных блоках

Основной причиной появления трещин во время обжига является быстрый подъем температуры в печи, что приводит к бурному выделению летучих из связующих, распирающих своим давлением изделие. Другой причиной служит неравномерный нагрев и значительный перепад температуры в обжиговых камерах. Перепад температуры приводит к неравномерной усадке. Подтверждением этого является то обстоятельство, что чаще всего трещины наблюдаются у изделий, расположенных вблизи стенок камер. Изделия, расположенные ближе к центральной части, свободны от трещин. Поэтому часто при упаковке изделий устанавливают экраны, в качестве которых применяют графитовые блоки.

Кроме указанных причин трещины в изделиях, а также разноплотности могут появиться в изделиях в результате окисления связующего в поверхностном слое, которое может происходить во время обжига в интервале 200—400° С. Причиной окисления является подсос воздуха через неплотности в кладке стен печи, а также плохая упаковка. Окисление вызывает повышение вязкости пека и приток связующего из внутренних слоев к внешним. Поверхностный слой оказывается более обогащенным связующим, при коксовании он превращается в плотную корку, которая дает меньшую усадку, чем внутренние слои.

Трещины могут появиться во время обжига, как результат перепрессовки (см. гл. VI). Обычно такие трещины свойственны изделиям, содержащим большой процент натурального графита.

Плохая текучесть засыпки или недостаточная ее активность служит причиной появления трещин, искривления изделий, а также других дефектов.

В табл. 12 приводятся основные виды брака, возникающего в процессе обжига, и меры его предупреждения.

Таблица 12

Виды брака при обжиге электроугольных изделий в кольцевых, туннельных и периодических печах обжига

Вид брака	Вид изделий	Возможные причины	Меры предупреждения и исправления
Искривление	Элементные, сварочные осветительные угли	Плохая упаковка, малый срок вылеживания	Улучшить упаковку, увеличить время вылеживания
Осмоление	То же	Быстрый подъем температуры, малый слой и плохое качество засыпки	Соблюдать график подъема температуры, увеличить слой и применить свежую засыпку
Подгар	Угли, блоки	Плохая упаковка, трещины в тиглях, кессонах	Обеспечить тщательную упаковку изделий, не применять тигли с трещинами, следить за кладкой кессонов
Трещины	То же	Подсос холодного воздуха в неплотности кладки, перепад температуры, избыток связующего, быстрый нагрев	Заделать швы кирпичной кладки, установить тепловые экраны, уменьшить скорость подъема температуры, скорректировать количество связующего
Образование корки (коробочки)	Блоки	Быстрый подъем температуры, подсос холодного воздуха и окисление изделий	Уменьшить скорость подъема температуры, улучшить упаковку изделий в обжиг
Трещины продольные	Угли	Перепад температуры по высоте камеры	Соблюдать режим обжига, улучшить упаковку изделий
Трещины концентрические	То же	Недостаточное количество связующего в смеси	Откорректировать количество связующих в смесях

Наиболее характерным браком во время графитации является подгар блоков. Подгар образуется вследствие подсосов воздуха через кладку стен или подины и выгорания засыпки. Несвоевременная распаковка керна, когда изделия не успели остыть до 200—300° С, также служит причиной массового подгара блоков. Подгоревшие блоки имеют пониженную твердость и прочность, плохую износоустойчивость; их можно отличить и наружным осмотром.

Другим видом брака при графитации являются трещины. Трещины возникают при быстром подъеме температуры в печи во время графитации изделий больших размеров, а также блоков из сажевых марок.

В печах РС трещины могут возникнуть при чрезмерном сдавливании керна, если блоки имеют искривления.

Повышенная зольность изделий после графитации является результатом недостаточно высокой температуры в печи или применения загрязненной засыпки.

Если засыпка не обновляется, то с повышением ее теплопроводности наблюдается выгорание отдельных участков кладки стен печи и образуется карборунд, который попадает в блоки.

В табл. 13 приводятся основные виды брака при графитации и меры его предупреждения.

Таблица 13

Виды брака при графитации электроугольных изделий (блоков)

Вид брака	Возможные причины	Меры предупреждения и исправления
Подгар поверхности	Преждевременное раскрытие блоков, неплотности в кладке	Не раскрывать печь до остывания, следить, чтобы не появились трещины в кладке
Трещины	Быстрый подъем температуры, неравномерное распределение температуры по сечениям керна	Соблюдать график подъема мощности, тщательно следить за упаковкой керна, обеспечить равномерный поджим плит в печах РС
Повышенная зольность	Недостаточно высокая температура графитации	Увеличить температуру керна печи, применять свежую засыпку и пересыпку
Повышенная твердость и удельное электрическое сопротивление	Плохая графитация, возможна утечка тока через подину	Применить повторную графитацию, следить за состоянием подины

Контрольные вопросы

1. Что называется термической обработкой?
2. Какие физико-химические процессы происходят во время обжига изделий со связующим?

3. Каковы основные отличия и каково устройство кольцевых печей для обжига изделий?
4. Как устроены и работают туннельные печи?
5. Расскажите о существующих способах упаковки изделий в обжиг.
6. Как устроены электрические печи?
7. Что известно об упаковке и режиме обжига металлокерамических изделий в электрических печах?
8. Когда применяются защитные атмосферы при спекании металлокерамических изделий?
9. Для чего применяют и в чем сущность процесса графитации?
10. По какому принципу работают печи графитации?
11. Объясите отличие работы печей РС от НЕРС.
12. Расскажите об упаковке изделий в графитацию.
13. Как производят контроль режима графитации?
14. Какие виды брака возникают при обжиге и графитации и каковы меры борьбы с ним?

ГЛАВА VIII

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И СБОРКА ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ *

Механическая обработка и сборка являются завершающими этапами процесса изготовления электроугольных изделий.

Все виды электроугольных изделий, кроме электрощеток и колец, изготовляемых индивидуальным прессованием, получаются в результате механической обработки обожженного или графитированного полуфабриката, который прошел предварительный контроль.

§ 35. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОЩЕТОК

Большое количество марок, а также типов и размеров электрических щеток, выпускаемых промышленностью, объясняется разнообразием элекрических машин, отличающихся своей мощностю, конструкцией и другими индивидуальными свойствами.

Типы и размеры электрощеток должны соответствовать ГОСТ 12232—66. Согласно указанному стандарту размеры щеток могут быть по ширине, длине и высоте в пределах от $1\times1{,}6\times6{,}3$ до $32\times50\times65$ мм.

Щетки объемом 0,5 $см^3$ и меньше называют микрощетками; их применяют в различного рода микромашинах промышленного и бытового назначения.

В настоящее время электрощетки по ГОСТ 12232—66 выпускают пяти типов. Каждый тип щетки может различаться по месту расположения заделки токоведущих проводов. Наиболее распространенные типы щеток представлены на рис. 81.

Щетки I, II и III типов относятся к группе радиальных, их применяют в щеткодержателях электрических машин реверсивного типа.

---

* § 35—39 написаны автором совместно с инж. Н. С. Боголюбовой.

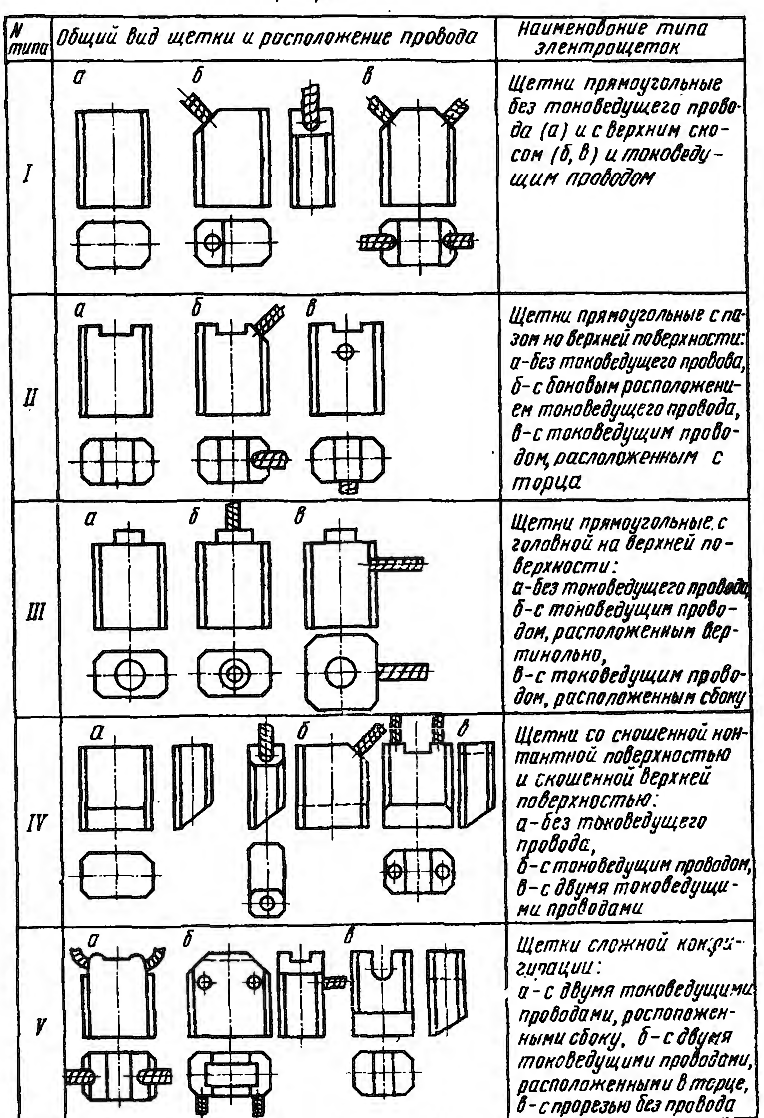


Рис. 81. Типы (фасоны) электрических щеток

Щетки IV типа реактивные со скошенной контактной поверхнос тью под углом 60 — 82° применяют для реактивных щеткодержа телей в электрических машинах нереверсивного типа.

Щетки V типа сложной конфигурации применяют для автомо бильных электрических машин. За последнее время широкое рас пространение получили разрезные щетки, состоящие из двух, тре

и более соединенных друг с другом частей, используемые на электрических машинах, работающих в режимах значительных перегрузок.

На ребрах щеток всех типов делают фаски размером 0,1—2 мм. Так как щетки перемещаются в обойме щеткодержателя, то толщину и ширину их делают с допуском по ходовой посадке четвертого класса точности (X_4). Несоблюдение установленного допуска приводит либо к заклиниванию щеток в щеткодержателях, либо к перекосу их во время работы.

Высоту щеток выбирают с учетом способа заделки и допускаемой величины износа. При чрезмерной высоте щетка работает неустойчиво и появляется опасность вибрации.

Щетки для электрических машин выпускают армированными и неармированными.

Армированные электрощетки снабжены токоведущим проводом и различного рода арматурой. Токоведущий провод закрепляется в теле щетки и служит для подведения к ней тока. Место заделки провода определяется условиями эксплуатации щетки.

Неармированные щетки не имеют провода и арматуры. Электрическая цепь от щетки к коллектору в данном случае образуется в месте, где щетка касается стенок обоймы щеткодержателя.

Из общего количества только 15—20% щеток выпускаются неармированными, а остальные армируют.

Провода заделывают в тело щетки одним из четырех способов: конопаткой, развальцовкой, пайкой, запрессовкой.

Из числа армированных до 70% щеток заделывают конопаткой, 20% — запрессовкой и остальное количество — пайкой и развальцовкой.

Способ заделки провода выбирается в зависимости от конструкции электрической машины, марки и размеров электрощеток, условий их эксплуатации и определяет характер и порядок сборочных операций.

Изготовление армированных электрощеток из полуфабриката (блоков или плит) складывается из двух этапов:

1) механической обработки фасона электрощеток;
2) сборки электрощеток или их армирования.

§ 36. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОЩЕТОК

Цель механической обработки состоит в том, чтобы с помощью режущего инструмента удалить с поверхности заготовок излишний слой материала и получить изделие требуемого фасона и размера с определенной чистотой поверхности.

Углеродистые материалы обладают пористостью, хрупкостью и повышенной микротвердостью. При их механической обработке происходит быстрое затупление инструмента, что объясняется толчкообразной нагрузкой и абразивным истиранием его режущих кромок. Высокая хрупкость не позволяет во время обточки срезать с поверхности заготовок слой большой толщины.

В качестве инструмента для сверления, резания и фрезерования полуфабриката используют сверла, резцы, фрезы с напаянны твердосплавными пластинами марок ВК6, ВК8, ВК2 и ВК (ГОСТ 3882—67). При обработке мягкого полуфабриката применяют инструмент из быстрорежущей стали марки Р9 (ГОС 10047—62).

Для чернового, чистового шлифования и резки служат абрази ные карборундовые круги марок КЗ (зеленый) и КЧ (черный) н керамической и бакелитовой связке по ГОСТ 4785—64 (табл. 14)

В настоящее время для резки и чистового шлифования используют также алмазные отрезные и шлифовальные круги, которы позволяют работать при скоростях резания до 50 м/с. Применени алмазных кругов позволяет улучшить чистоту обработки, уменьшить распыление и повысить производительность труда.

Технологический процесс механической обработки электрощеточного полуфабриката состоит из следующих операций: чернового шлифования (обдирки) блоков, резки блоков на заготовки прямоугольной формы (раскрой), чистового шлифования, снятия фасок сверления, фрезерования, точения.

Порядок чередования операций указан в технологических картах и зависит от марки полуфабриката, способа армирования, размера и фасона щетки.

В табл. 15 приведены данные о применяемом инструменте, оборудовании и режимах резания при различных операциях механической обработки.

Размер блоков, направляемых на механическую обработку, подбирают так, чтобы из них в результате раскроя получалось максимальное количество щеток при минимальных отходах и распыле. Например, наиболее ходовыми для получения электрощеток являются блоки шириной 68—75 мм, длиной 115 мм, толщиной 17—32 мм, а также блоки размером 57×32×57 мм. Если размеры электрощетки не кратны размерам выбранного блока, то при раскрое отрезают лишнюю часть — кромку, которая поступает в отход или для изготовления более мелких щеток.

Для получения крупногабаритных транспортных щеток наиболее рациональным является прессование блоков почти в размер (с учетом усадки и припуска на обработку).

При раскрое учитывают, что на операцию чернового шлифования (обдирку) необходим припуск 0,75—1 мм на сторону, на операцию резки — до 2—3 мм и на чистовое шлифование — 0,5—0,75 мм на сторону.

Зная, что свойства полуфабриката в различных направлениях различны (см. гл. VI), при раскрое блока на заготовки толщину щетки *в* откладывают по толщине (рис. 82), а высоту h — по длине, а иногда и по ширине l блока. При таких условиях щетки во время работы на электрических машинах обеспечивают наилучшую коммутацию.

Механическую обработку начинают с чернового шлифования — обдирки одновременно двух плоскостей, которую производят на

Таблица 14

Характеристика шлифовальных кругов, применяемых для механической обработки электроугольного полуфабриката

Наименование обрабатываемого изделия	Наименование операции	Вид и размер шлифовального круга (ГОСТ 4785—64)	Абразивный материал (ГОСТ 3647—59)	Тип связки	Номер зернистости (ГОСТ 3647—59)	Степень твердости кругов
Блоки, плиты, угли	Резка	Д300×(2÷3)×32 Д250×(2÷2,5)×32	Карбид кремния черный «КЧ»	Бакелитовая «Б»	40—50	Среднетвердая СТ1; СТ3; средняя — С2
Блоки, плиты	Черновое шлифование — обдирка	ПП500×75×203	Карбид кремния зеленый «КЗ»	Керамическая «К»	24—50	Среднемягкая СМ1; СМ2; мягкая — М3
Заготовки электрощеток	Чистовое шлифование	ПП150×20×32	То же	То же	40—60	Среднемягкая СМ1; СМ2
Угли	Шлифование торцов, конуса, поверхности	ПП300×40×75 ПП300×40×127	»		36—46	То же

Таблица 15

Основные элементы технологического процесса механической обработки электроугольных изделий

Вид обработки	Эскиз технологической операции	Тип станка	Режущий инструмент	Основные режимы резания
Черновое шлифование (обдирка)	A; A-A; A	Шлифовальный станок-полуавтомат ВЗ-28, ВЗ-136	Торцовый шлифовальный круг ПП500×75×203	Число оборотов шлифовального круга, $n=980$ об/мин. Скорость резания $V=18,2$ м/с. Число двойных ходов загрузочной линейки: $n=12$; 16; 20 дв. ход/мин.
Резка		Шлифовально-резальный станок ВШ-1	Шлифовальный круг Д300×(2÷3)××32, Д250×(2÷2,5)××32	Скорость резания при $d_{шл.кр}=250$ мм $V=38$ м/с; при $d_{шл.кр}=300$ мм $V=45$ м/с. Подача ручная
Чистовое шлифование: а) плоскостей; б) фасок; в) скосов	а); б); в)	Плоскошлифовальный полуавтомат ВЗ-13	Шлифовальный круг ПП150×20×32	Число оборотов: $n_1=2850$ об/мин; $n_2=5150$ об/мин. Скорость резания при $d_{шл.кр}=125$ мм $V_1=31,6$ м/с; при $d_{шл.кр}=150$ мм $V_2=37,9$ м/с. Подача $S=69$; 14; 22; 35 м/с

Вид обработки	Эскиз технологической операции	Тип станка	Режущий инструмент	Основные режимы резания
Сверление отверстий: а) цилиндрических; б) комбинированных; в) конических		Настольный сверлильный станок	Сверла: а) цилиндрические; б) комбинированные; в) специальные	Число оборотов сверла $n=400$—4500 об/мин. Подача $S=0{,}1$—0,2 мм/об
Нарезание резьбы		Резьбонарезной станок	Резьбонарезной инструмент: а) метчики; б) резьбонарезная гребенка	—
Точение		Токарный станок, револьверный станок	Резцы: проходные, подрезные, отрезные, специальные	**Черновое точение** Скорость резания $V=300$—500 м/мин. Подача $S=0{,}2$—0,3 мм/об. Глубина резания $t_{max}=7$ мм **Чистовое точение** Скорость резания $V=200$—300м/мин. Подача $S=0{,}1$ мм/об. Глубина резания $t=0{,}1$—0,4 мм

полуавтоматах типа ВЗ-28 или ВЗ-136. Иногда до обдирки блок| больших размеров разрезают на части, а также срезают излишнюю кромку материала. Обдирку производят при помощи шлифоваль ных кругов.

После грубого шлифования блок разрезают на заготовки н станках типа ВШ-1 резальными абразивными кругами (см. табл 14, 15). Разрезанные заготовки направляют на операцию чистовог шлифования, соблюдая при этом размеры и допуски согласно чер тежу. Чистота поверхности граней должна быть не ниже 4-го класс (∇4) по ГОСТ 2789—59 *.

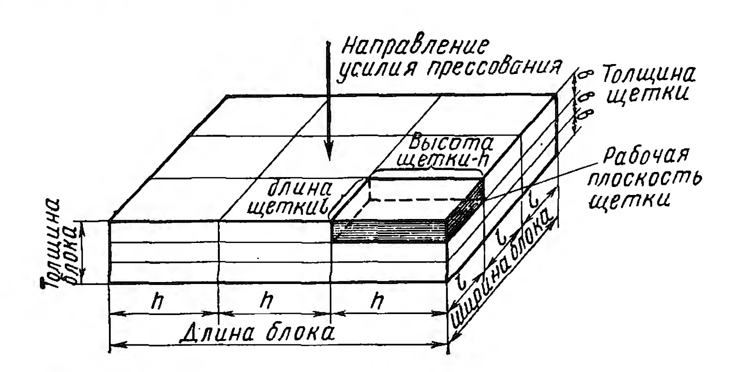


Рис. 82. Схема раскроя блоков на заготовки электрощеток

Чистовое шлифование производят на станках-полуавтомата ВЗ-13 абразивными кругами марки КЗ. После этой операции заго товки подвергают контролю: проверяют наличие трещин, сколов и других дефектов. Дальнейшие операции обработки могут быть раз нообразны.

Заготовки либо разрезают по длине на части, либо им придают соответствующий фасон. Для этого снимают фаски, делают нижний и верхний скосы, сверлят, фрезеруют пазы и т. д. (см. рис. 81).

Если заготовки из обрабатываемого полуфабриката пропитыва ются, то эту операцию делают до сверления отверстий.

Заготовки электрощеток, у которых заделка провода произво дится развальцовкой или пайкой после операций сверления и фре зерования, омедняют.

Если размер готовых изделий достаточно велик (например транспортные щетки), то операцию шлифовки плоскостей с необхо димым допуском и чистотой обработки производят на станках ВЗ-28 или ВЗ-136 в один или два приема.

Таким образом, удается получить сразу заготовки щеток тре буемых размеров. При этом отпадает операция резки, сокращается распыл материала.

* Класс чистоты устанавливается по высоте микронеровностей, которые остаются на поверхности изделия от режущего инструмента.

Обточку угольно-графитных материалов цилиндрической формы производят с помощью резцов с твердосплавным инструментом.

§ 37. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛУФАБРИКАТА ЭЛЕКТРОЩЕТОК

Наибольшее распространение для механической обработки получили станки ВЗ-28, ВЗ-136, ВЗ-13, ВШ-1.

Станок ВЗ-28 (рис. 83) является универсальным и предназначен как для черновой, так и чистовой шлифовки. Он обрабатывает блок сразу по двум плоскостям.

Станок имеет станину, на которой установлены две подвижные шлифовальные бабки *1*, представляющие собой электродвигатели, на валах которых крепятся планшайбы с шлифовальными кругами *12*. Шлифовальные бабки могут перемещаться по направляющим станка. Для правки абразивных кругов предусмотрен специальный механизм *3*, в котором закреплена головка *2* с набором шарошек из цементированной стали.

Подача блоков на шлифование производится с помощью загрузочной линейки *9*, которая имеет возвратно-поступательное движение; число ходов линейки 12, 16 и 20 в минуту. Движение линейки при помощи распределительного вала и кулачков *7* синхронизировано с движением шлифовальных бабок.

Работает станок следующим образом. Блоки или заготовки, подлежащие обдирке, по одному или нескольку штук закладывает рабочий в загрузочную линейку. Линейка вместе с блоками движется вперед и подает их в зазор между шлифовальными камнями. В это время бабки сближаются, и по мере сближения шлифовальные круги обрабатывают плоскости блоков с двух сторон одновременно. Когда толщина блока достигла заданного размера, сближение бабок прекращается. После выхода линейки с блоком из зоны шлифования бабки раздвигаются в исходное положение.

Для установки размера, на который необходимо сошлифовать блок, служит механизм винтовой передачи *11*, передвигаемый с помощью маховика *4*. Положение бабок регулируют по лимбам.

До начала работы шлифовальные бабки устанавливают на необходимый размер изделий, затем производят пробную шлифовку образца. После пробной шлифовки и настройки приступают к работе.

Для установки шлифовальных кругов со станка снимают планшайбы, затем в них закрепляют шлифовальные круги и производят их балансировку. Балансировку осуществляют с помощью передвижных сухарей, помещенных в пазе в виде ласточкина хвоста на задней стороне планшайбы.

Производительность станка ВЗ-28 зависит от размера изделий и количества обрабатываемых плоскостей. Размер обрабатываемых на станке блоков составляет: по ширине 5—50 мм, по длине 12—80 мм, по высоте 16—20 мм. Аналогичное устройство имеют станки ВЗ-136.

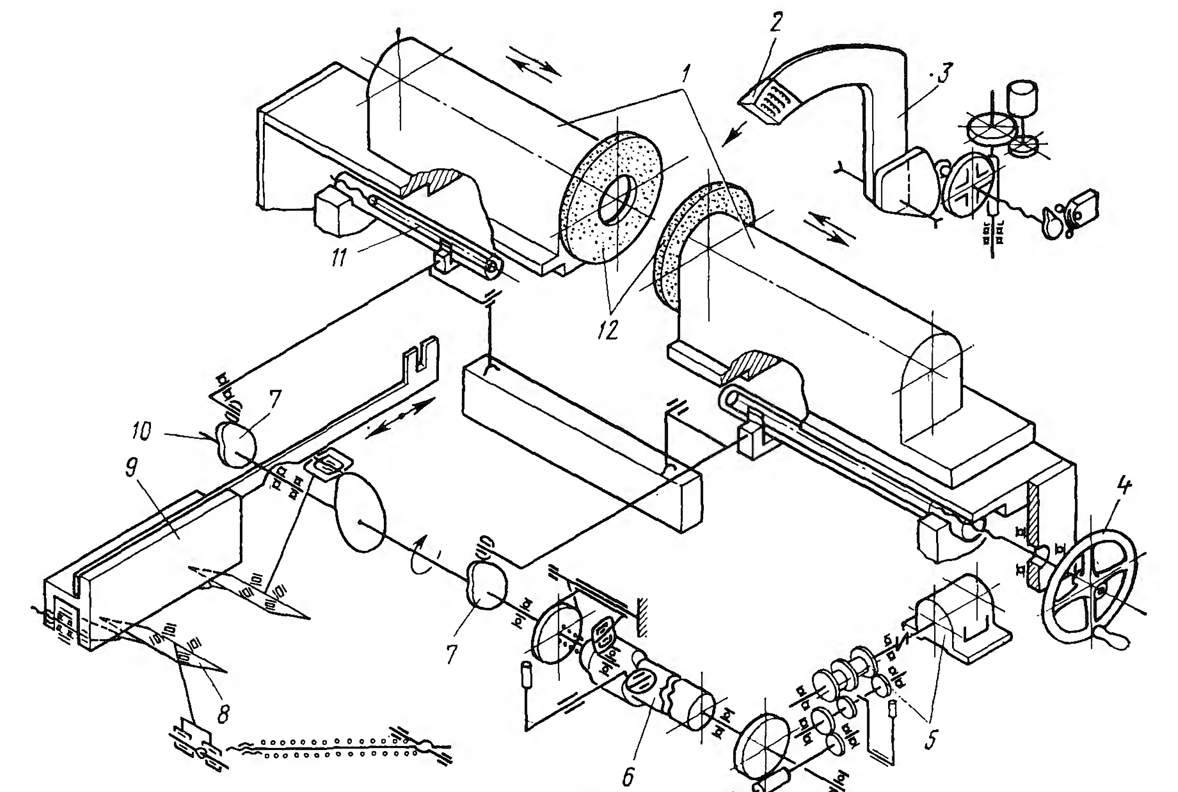


Рис. 83. Кинематическая схема полуавтомата модели ВЗ-28 для обдирки блоков:

1 — шлифовальные бабки с планшайбами, *2* — головка с шарошками для правки камней, *3* — механизм правки круга, *4* — маховик ручной подачи круга, *5* — привод подачи, *6* — однооборотная муфта, *7* — кулачки, *8* — каретка загрузочной линейки, *9* — загрузочная линейка, *10* — распределительный вал, *11* — винтовая передача, *12* — шлифовальные круги

Для резки и шлифования плоскостей, скосов, а также снятия фасок применяют станки ВШ-1 с поворачивающимся на угол ±20° столом. Этот станок не имеет механизированной загрузки и подачи, все операции на нем производят вручную. Чтобы разрезать блок на две части, закрепляют установочную линейку на заданный размер и с помощью деревянного приспособления — поводка проталкивают блок или заготовку, которые разрезаются шлифовальным кругом.

Для сверления отверстий применяют настольные сверлильные станки, полуавтоматы и агрегатные станки. На настольном сверлильном станке выполняют всевозможные сверлильные работы. Сверление производят спиральными, перовыми и комбинированными сверлами. На столе станка имеется передвижной упорный угольник для установки заготовки различного размера под центр сверла. Заготовку вручную прижимают к угольнику и сверлят на нужную глубину. При сверлении конусного отверстия угольник можно поворачивать в обе стороны до упоров.

Для сверления отверстия под конопатку в электрощетках массового типа применяют сверлильные двухшпиндельные полуавтоматы, а также четырехпозиционные агрегатные станки. В агрегатных станках движение и подача сверлильной головки, поворот делительного диска и управление автоматической работой производятся пневматической системой.

Для заточки головок у электрощеток и сверления в них отверстия используют автоматы. В автоматах типа «Ухерек» операции сверления и заточки головок у электрощеток совмещаются. Такие автоматы позволяют обрабатывать до 2700 шт/ч.

Автомат работает следующим образом. Щетки из приемной воронки попадают в подающий механизм. Последний с помощью поворачивающей зажимной головки подает щетку в отверстие направляющей гильзы, а оттуда толкателем в зажим до упора. После этого подающий механизм с толкателем возвращаются в исходное положение.

С помощью точильного круга, который подводится к зажатой щетке, происходит обточка головки, затем первый круг отодвигается и подается второй точильный круг, имеющий заточку необходимого профиля. Этот круг производит окончательную обработку канавки и грани в головке. В это время снизу в щетку направляется сверло, которое высверливает в центре головки отверстие. Как только достигнута требуемая глубина сверления (обычно до 8 мм), все инструменты возвращаются в исходное положение, а щетка выталкивается и через трубу попадает в приемный ящик.

Для чистового шлифования заготовок электрощеток размером от 2×2×20 до 10×10×35 мм применяют станок-полуавтомат ВЗ-13. Производительность станка от 625 до 3660 обрабатываемых плоскостей в час.

На базе станков ВЗ-13 созданы поточные полуавтоматические линии для обработки заготовок автотракторных электрощеток марки ЭГ-13. Схема работы такой линии приведена на рис. 84. На линии

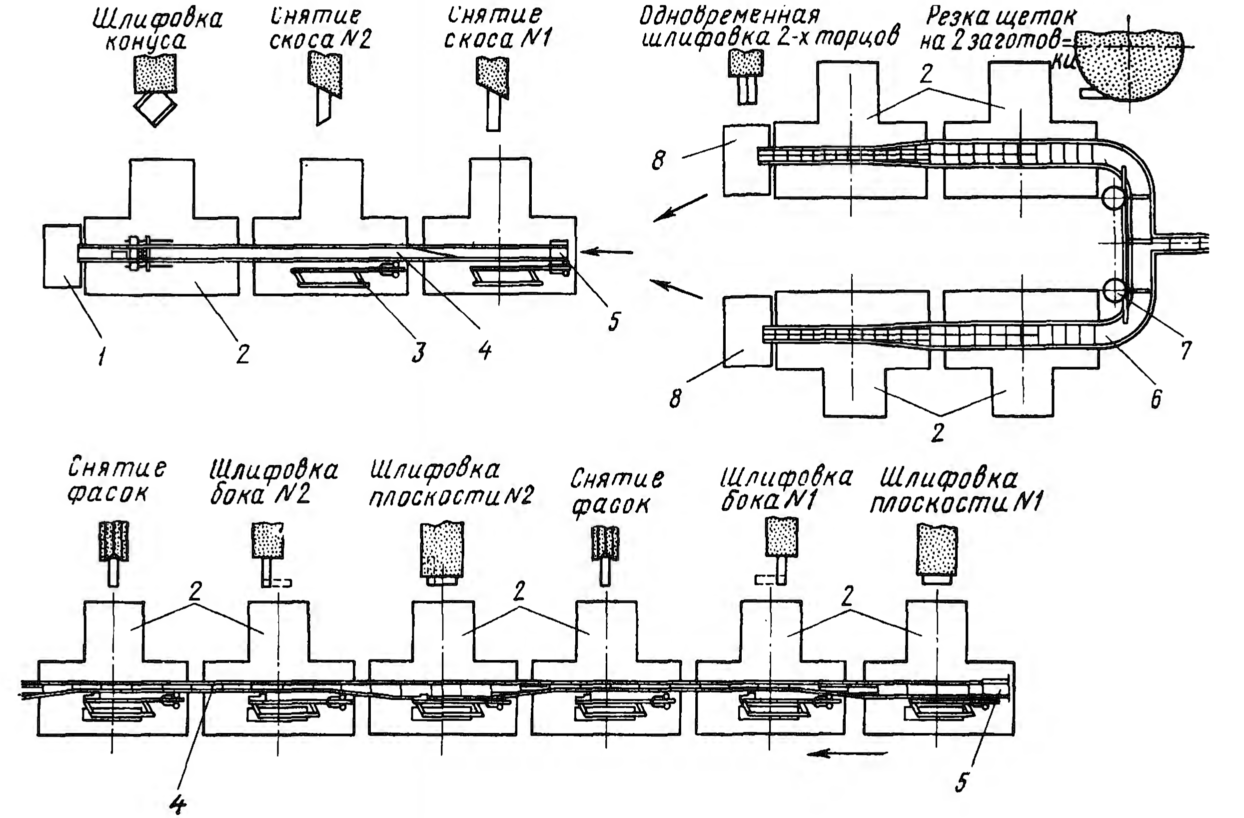


Рис. 84. Схема поточной полуавтоматической линии из станков ВЗ-13 для обработки заготовок электрощеток ЭГ-13:

...тара для готовых изделий, 2 — станок ВЗ-13, 3 — суппорт подачи заготовок на шлифовку, 4 — штопорный лоток, 5 — кассета, 6–

осуществляются следующие операции: шлифовка четырех плоскостей, снятие четырех фасок, резка заготовок на две части и шлифовка двух торцов. На другой половине этой линии снимают верхний и нижний скосы, затем конус. В начале каждой линии имеется загрузочный магазин, из которого заготовки толкателем выталкиваются на транспортную дорожку, состоящую из лотков. По этим лоткам, проталкивая друг друга, заготовки движутся от станка к станку. Протягивание заготовок под периферией круга осуществляется при помощи кареток суппортов самих станков-полуавтоматов. Конструкция лотков позволяет поворачивать заготовки на 90° при передаче их на следующую операцию обработки.

Производительность описанной поточной линии составляет до 3000—3500 шт. заготовок в час.

§ 38. АРМАТУРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОЩЕТОК

Заготовки электрощеток требуемых размеров и фасонов направляют на операцию сборки или армирования.

Чтобы собрать электрощетки в соответствии с чертежами, необходимо подготовить требуемую арматуру.

Электрощеточной арматурой являются токоведущие провода, изоляционные, крепежные и защитные детали, наконечники.

Токоведущий провод представляет собой многожильный канатик, каждая жила которого состоит из скрученных тонких мягких круглых проволок, изготовленных из меди марки ММ, которые должны соответствовать ГОСТ 9125—59. Провода сечением 0,015—0,08 мм² поставляются по отдельным техническим условиям. Сечение токоведущего провода и их количество выбирают, исходя из величины токовой нагрузки, которая приходится на каждую щетку, а также из величины длительно допустимых нагрузок на провода согласно ГОСТ 12232—66. Если на щетку приходится ток больше 50 А, то к ней прикрепляют несколько (но не больше четырех) проводов. При меньшей нагрузке обходятся одним или двумя проводами.

Длина токоведущего провода определяется конструктивными соображениями и удобствами при эксплуатации щеток в электрической машине; она может быть 16—160 мм.

Для армирования щеток, у которых заделку провода производят способом развальцовки, пайки или запрессовки, нарезку провода заданной длины производят на специальных автоматических приспособлениях.

Если провод закрепляют в тело щетки конопаткой, то его отрезают в процессе конопатки на конопаточном станке.

В зависимости от условий эксплуатации токоведущий провод снабжают изоляцией, тип которой указывают в чертежах. Изоляция предохраняет провод от соприкосновения с корпусом электрической машины.

Наиболее нагревостойкой изоляцией являются трубки из стеклянного волокна, а также фарфоровые бусы, которые надевают на

провод в процессе армирования. На конце щетки могут напрессовывать наконечник, служащий для надежного присоединения провода к токопроводящим зажимам электрической машины.

Тип и размер наконечников выбирают в зависимости от числа проводов, их сечения, расположения и других условий в соответствии с ГОСТ 12232—66.

Наконечники изготовляют вырубкой из мягкой латуни марки Л-62 или меди марки М-1. Наконечники подвергают лужению оловом.

Многие типы щеток снабжены накладками. Накладки выполняют несколько функций: предохраняют верхний торец щетки от разрушения в месте нажима пальца щеткодержателя, кроме того, при помощи упоров ограничивают щетку от чрезмерного опускания при износе в обойме щеткодержателя. Резиновые накладки, обычно монтируемые на щетках для тяговых двигателей, служат амортизаторами, смягчающими ударные нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации.

Типы и размеры накладок установлены ГОСТ 12232—66. Накладки изготовляют из мягкой или полутвердой латуни марки Л-62 или холоднокатаной стали марки 30, а также из резины Л-522. Накладки из латуни в зависимости от требований подвергают электролитическому лужению. Стальные накладки для предохранения от коррозии выпускают лужеными.

Крепежные детали применяют для соединения тела электрощетки с различными деталями арматуры. Трубки и шайбы служат для закрепления токоведущего провода при развальцовке, а также для установки накладок. Манжетки предназначены для зажима на проводе хлопчатобумажной оплетки или чулка.

Материалом всех крепежных деталей обычно служат латунь марки Л-62 и медь марки М-3.

Крепежные, защитные детали и наконечники изготовляют путем холодной штамповки, вырубки и высадки на одностоечных и двухстоечных вертикальных эксцентриковых прессах, на которых устанавливают вырубные штампы.

§ 39. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ЭЛЕКТРОЩЕТОК И ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Способы заделки провода. Как уже упоминалось, заделку провода в тело щетки в отечественной практике производят четырьмя способами: конопаткой — К, развальцовкой — Р, пайкой — П, запрессовкой — З (рис. 85).

Конопатка (рис. 86) — наиболее распространенный способ заделки провода; она позволяет максимально использовать рабочую длину щетки и механизировать процесс производства. К недостаткам конопатки следует отнести невысокую стойкость к повышенным вибрациям и нагреву.

Конопатку провода производят следующим образом. В щетке в вертикальном и горизонтальном направлениях или под углом свер-

лят отверстие диаметром на 0,6—1,3 мм больше, чем диаметр провода. Отверстие делают цилиндрическим с резьбой или чаще всего коническое. Глубина отверстия должна быть не больше 40—50% высоты щетки. В отверстие вставляют провод, конец которого на 2 мм сминают. Зазор между отверстием и канатиком заполняют конопаточным порошком, который с помощью конопатки, одетой на провод, многократными ударами уплотняют. В результате отверстие на всю высоту оказывается заполненным конопаточным порошком, а провод прочно заклинен в теле щетки.

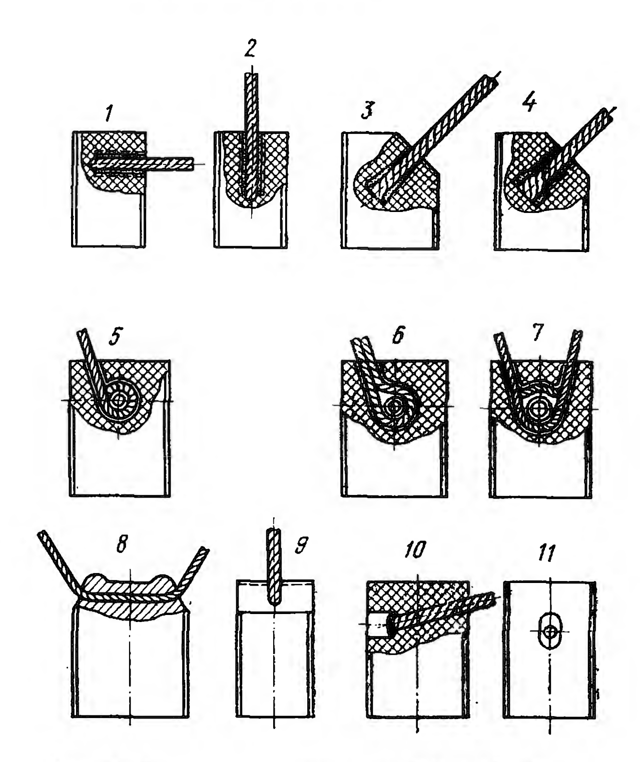


Рис. 85. Способы заделки токоведущего провода:
1, 2, 3, 4 — конопаткой, *5, 6, 7* — развальцовкой, *8, 9* — запрессовкой, *10, 11* — пайкой

Для более надежного закрепления провода в щетках, подверженных вибрации, на верхний слой порошка вокруг законопаченного канатика наносят 2—3 капли смолы.

Качество конопатки зависит от свойств конопаточного порошка, его зернистости и ковкости. Обычно хороший ковкий конопаточный порошок получают восстановлением окисленного медного порошка в водороде с последующим размолом и просевом на сетке 018.

При работе щетки в условиях повышенных нагрузок и влажности возникает опасность окисления конопаточного порошка и ухуд-

шения электрического контакта в месте заделки провода. В целях избежания этого для конопатки используют посеребренный медный порошок. Качество конопатки контролируют путем определения на специальном приспособлении (см. § 61) вырывного усилия и величины переходного сопротивления между телом щетки и токоведущим проводом.

Развальцовку применяют для щеток, подверженных повышенным вибрациям. Для заделки канатика в одно или два отверстия продергивается провод, а в раззенкованное отверстие в торце щетки вставляют медную трубку с буртиком. Затем провод обвивают вокруг конца трубки (петлей или путем его раздвоения при двух проводах) и надевают шайбу, поджимая к ней провод. Этот конец трубки на сверлильном станке развальцовывают с помощью специального инструмента, называемого развальцовкой. Таким образом, провод оказывается зажатым в теле щетки. Для лучшего контакта поверхность щетки в месте заделки или раззенкованное отверстие омедняют. Слой омеднения в зависимости от размера щетки должен иметь толщину 10—50 мкм.

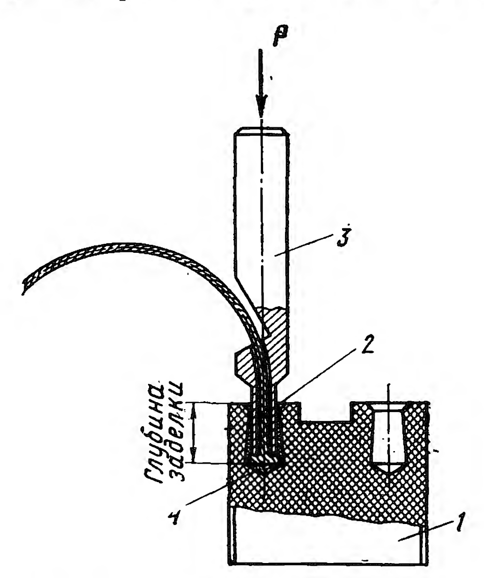


Рис. 86. Заделка провода конопаткой:
1 — щетка, *2* — провод, *3* — конопатка, *4* — конопаточный порошок

Пайку применяют при изготовлении щеток малых размеров. В омедненное круглое или овальное отверстие щетки вводится предварительно облуженный конец провода, который припаивают к слою омеднения припоем марки ПОС-40.

Запрессовку применяют при изготовлении металлографитных щеток без связующих, имеющих в своем составе большой процент меди, а также при прессовании щеток в нагретых пресс-формах в размер.

Этот метод состоит в том, что провод вводят в отверстие или в паз в щетке, а затем с помощью штампа на эксцентриковом прессе его прочно запрессовывают.

Запрессовку провода производят также одновременно при прессовании металлографитных щеток марки М64. Затем щетка вместе с проводом обжигается в электрических печах в восстановительной атмосфере (углекислый газ).

При изготовлении щеток в нагретых пресс-формах провод запрессовывается в процессе прессования (см. гл. VI).

Сборка щеток. Сборка или армирование щетки состоит из ряда последовательных операций, во время которых в щетку заделывают провод, закрепляют различные защитные и изоляционные детали, припаивают наконечники, маркируют и контролируют.

На рис. 87 приведены типовые технологические схемы сборки наиболее массовых типов щеток с различной заделкой токоведущего провода.

Сборка электрощеток с пайкой состоит в следующем (рис. 87, *а*). Конец токоведущего провода *3* обезжиривают и лудят. Затем провод заводят в тело щетки *1* и с помощью паяльника припоем ПОС-40 припаивают конец канатика к омедненной части. На свободный конец канатика нанизывают фарфоровые бусы *4* и напрессовывают с помощью экцентрикового пресса наконечник *5*. Напрессованный наконечник с проводом подвергают горячему лужению. Лужение производят в лудильных ваннах оловом, нагретым до 220—300° С. После этих операций щетки маркируют. Для маркировки используют различные гравировальные или специальные маркировочные станки.

Сборку транспортных щеток (рис. 87, *в*) разрезного типа производят следующим образом.

Половинки щеток *1* конопатят, затем соединяют и на канатики надевают резиновую накладку *2*. После этого на концы провода напрессовывают наконечник *3* (типа ПГ), который затем облуживают. Собранная щетка направляется на контроль.

Сборку автотракторных щеток марки МГСО для стартеров автомобилей производят преимущественно путем запрессовки токоведущего провода (рис. 87, *б*). В настоящее время эта операция механизирована и производится на агрегатном станке.

При массовом производстве однотипных изделий сборку их ведут поточным методом. Для этого с двух сторон длинного рабочего стола, посередине которого движется ленточный конвейер, размещают необходимое оборудование, конопаточные и сверлильные станки, эксцентриковые прессы, ванны для лужения и другое оборудование и приспособления. Изделия с помощью конвейера последовательно передают с одной операции на другую.

Маркировку производят либо на самой щетке, либо на наконечниках. Собранные щетки направляют на контроль.

Оборудование, применяемое при сборке электрощеток. На операциях сборки применяют различное оборудование: эксцентриковые прессы, сверлильные настольные станки, конопаточные и маркировочные станки, приспособления для нарезки кабеля, кроме этого, приспособления для развальцовки, штампы для обжима и запрессовки наконечников, иглы для одевания чулка и другие.

Конопаточный станок (рис. 88) имеет полый шпиндель *6*, внутри которого вставлена трубка *8* и цанга. Шпиндель совершает вращательное и возвратно-поступательное движения, которые передаются конопатке *5*, укрепленной на его конце.

Для привода шпинделя служат система зубчатых передач и кулачков, а также вилка *12*.

Суппорт *1*, на котором устанавливают заготовки щеток, перемещают вручную вверх и вниз с помощью рукоятки *2* с реечным зацеплением.

Золотник *13* и пневматические цилиндры *9* предназначены для управления работой ножниц *3*, отрезающих провод, а также механизма включения цанги.

Работает станок следующим образом. Заготовку щетки помещают на приспособление, установленное на каретке суппорта. Провод сматывают с катушки и пропускают его в трубку *8*, находящуюся в шпинделе и запирающую цангу. Конец провода в начале работы вытаскивают через отверстие конопатки наружу на 2—3 мм. В воронку *4* засыпают конопаточный порошок и приступают к конопатке. С помощью рукоятки *2* каретка с заготовкой поднимается в крайнее верхнее положение до упора с дном воронки. При этом провод с конопаткой входит в отверстие щетки до отказа, а конец провода сминается. В этот момент муфта *10* входит в зацепление, а провод посредством пневмоцилиндра *9* и трубки *8* освобождается от цангового зажима. Конопатка начинает вращаться вокруг оси и с помощью вилки *12* совершает удары по порошку, который посту-

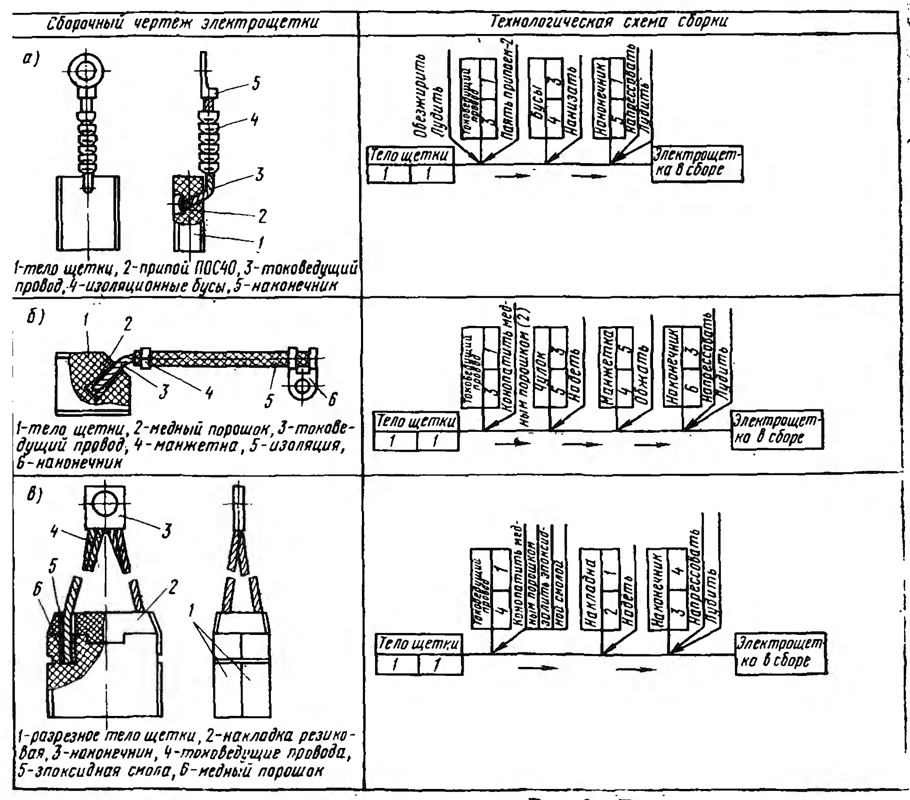


Рис. 87. Типовые технологические
а — пайкой, *б* — автотракторных конопаткой,

пает непрерывно в зазор из воронки в отверстие заготовки. Количество ударов конопатки составляет от 476 до 860 в минуту.

После окончания конопатки опускают суппорт вниз, при этом движение шпинделя прекращается. Законопаченный в щетку провод вытягивается из шпинделя на заранее установленную длину. В этот момент с помощью пневмоцилиндра провод зажимается в шпинделе цангой, а ножницы *3* пневмоцилиндром подаются вперед и отрезают провод. По мере расходования конопаточного порошка его вновь досыпают в воронку.

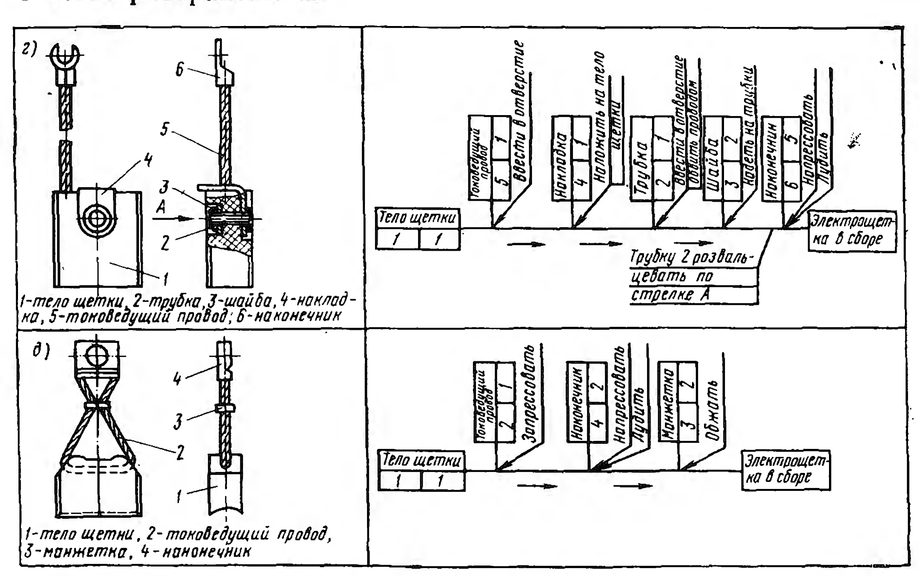
Производительность конопаточного станка составляет до 325 шт. проводов в час сечением от 4 до 10 мм². Для конопатки проводов более мелких сечений применяют аналогичные станки, но меньших моделей.

Двухшпиндельный конопаточный станок производительностью 600—800 шт./ч обеспечивает одновременную конопатку двух отверстий.

§ 40. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И СБОРКИ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Такие виды дефектов, как трещины, раковины, вкрапления могут быть вскрыты в процессе механической обработки, поэтому после операции грубой обдирки, резки и шлифовки заготовки контролируют путем внешнего осмотра.

После раскроя блоков в заготовках выборочно контролируют твердость и удельное электрическое сопротивление. Если обнаружены значительные отклонения этих величин, то в ряде случаев заготовки разбраковывают.



схемы сборки электрощеток:

в — транспортных конопаткой, *г* — развальцовкой, *д* — запрессовкой

На операции обдирки и резки размеры заготовок проверяют с помощью масштабной линейки или штангенциркуля с точностью до 0,1 мм.

На операциях чистовой шлифовки размеры заготовок проверяют с помощью микрометров или штангенциркулей с точностью 0,01 мм. Для этих же целей применяют предельные калибры в форме скоб 2-го класса точности.

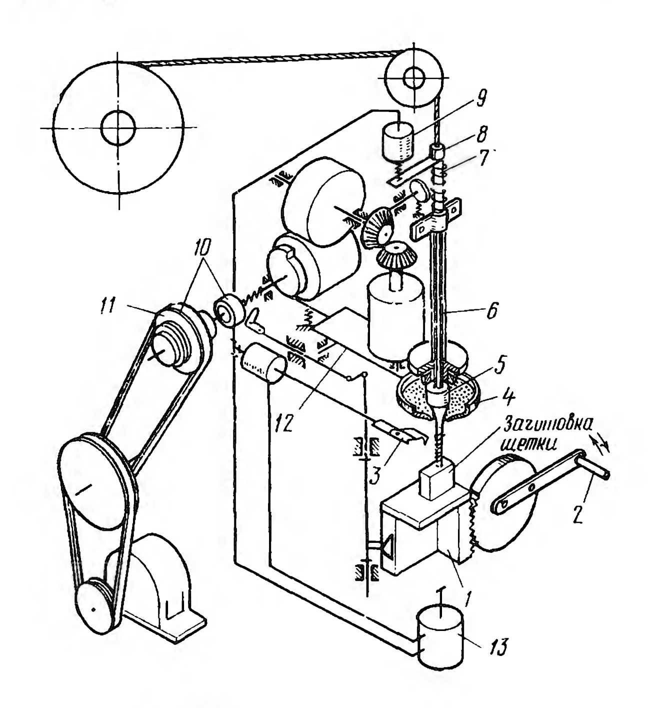


Рис. 88. Конопаточный станок:

1 — суппорт, *2* — рукоятка, *3* — ножницы, *4* — воронка, *5* — конопатка, *6* — полый шпиндель с цанговым зажимом, *7* — пружина возврата, *8* — трубка механизма включения, *9* — пневмоцилиндры, *10* — зубчатая муфта, *11* — клиноременная передача, *12* — вилка, *13* — золотник

Для контроля цилиндрических отверстий применяют гладкие предельные калибры-пробки также 2-го класса точности.

Правильность скосов контролируют с помощью угольников и угломеров с нониусом.

На операциях сборки электрощеток проверяют переходное падение напряжения в месте заделки токоведущего провода и вырывное усилие.

После операции конопатки внешним осмотром проверяют наличие трещин в месте заделки провода. Готовые щетки должны соответствовать утвержденным чертежам.

Механическая обработка углей всех типов и размеров по сравнению с полуфабрикатом для электрощеток имеет специфические особенности.

Механической обработке подвергают обожженный полуфабрикат в виде различного рода стержней круглого профиля или трубок (оболочек), пластин прямоугольного и коробчатого профиля.

Процесс обработки и порядок чередования технологических операций зависят от марки и назначения углей.

Механическая обработка осветительных углей. После контроля угли без искривления, трещин, вздутий и других дефектов режут на заданную длину; оболочку разрезают на станках ВШ-1 абразивными отрезными кругами ∅ 250—300 мм (см. табл. 14). Нарезанные заготовки оболочек отбраковывают по кривизне путем прокатки на наклонном (угол наклона 7,5°) столе через щель, высоту которой устанавливают в соответствии с имеющимся допуском на кривизну угля. Застрявшие угли отбраковывают.

Оболочки, имеющие завышенный диаметр, шлифуют на бесцентрово-шлифовальных станках.

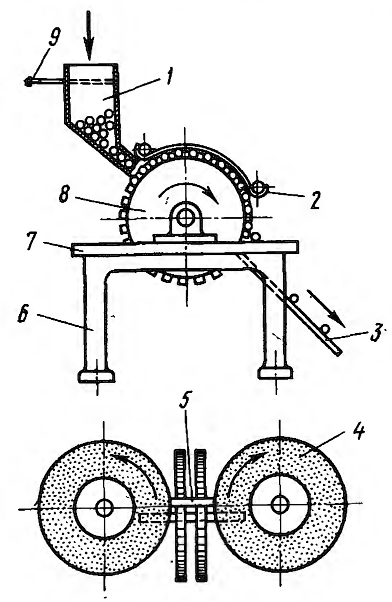


Рис. 89. Схема полуавтомата для точки торцов углей:

1 — бункер, *2* — металлическая прижимная лента, *3* — лоток, *4* — шлифовальные круги, *5* — уголь, *6* — станина, *7* — стол, *8* — барабан, *9* — шибер

Подготовленные оболочки направляют на операцию фитиления. Зафитиленные угли сушат, а затем торцуют на торцевальных полуавтоматических станках (рис. 89). Станок имеет барабан, вращающийся вокруг горизонтальной оси, и два диска с прорезями. Угли из кассеты подаются в прорези дисков барабана и прижимаются к его поверхности металлической лентой. При вращении барабана угли попадают между двух камней, которые шлифуют два их торца одновременно. Для шлифования применяют карборундовые абразивные камни марки КЗ зернистостью 40—60 (см. табл. 15); число оборотов камней 1500 в минуту. Производительность станка составляет 600—1000 шт. углей в час.

Следующая операция — заточка конуса — производится на полуавтоматическом заточном станке (рис. 90).

Станок снабжен опорным приспособлением для установки угля при заточке конуса под необходимым углом. Угли из кассеты подаются на два транспортирующих шнека *3* и затем попадают под ленту. Лента подает угли на опорное приспособление под вращаю-

щийся камень. В результате на концах углей затачивается конус нужного размера.

Производительность станка для заточки конуса составляет 380 шт./ч. Заточка производится карборундовым камнем марки КЗ.

Поверхность углей с заточенным конусом или с фаской (если конус не предусмотрен чертежом) зачищают, а затем направляют в гальваническое отделение для омеднения. Омедненные угли обрабатывают на крацевальных станках, после чего они приобретают гладкую шлифованную поверхность. На этом изготовление углей заканчивается. Готовые угли упаковывают в коробки.

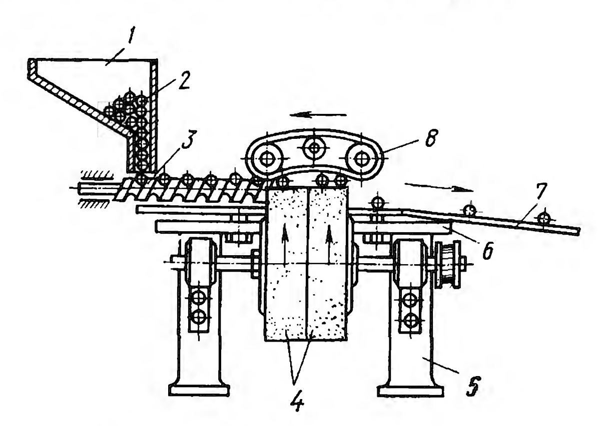


Рис. 90. Схема полуавтомата для заточки конуса осветительных углей:

1 — бункер для углей, 2 — угли, 3 — подающие шнеки, 4 — шлифовальные камни, 5 — станина, 6 — стол, 7 — скат, 8 — транспортирующая лента

Механическая обработка элементных углей. После разбраковки обрезают концы углей, которые обычно бывают осмолены или сильно деформированы. Затем их рубят на заготовки с припуском до 10% от номинальной длины по чертежу. Рубку производят на станках-полуавтоматах эксцентрикового типа. Одновременно станок рубит по 10—15 шт. углей, а производительность его составляет до 120 кг/ч.

В настоящее время вместо рубки стали применять резку углей алмазными дисками. Затем заготовки парафинируют. С этой целью их загружают в корзины и пропитывают в течение 10—15 мин в нагретом до 80° С парафине.

Цель парафинирования заключается в том, чтобы закрыть поры и сделать невозможным проникновение электролита вверх по углю под колпачок будущего элемента. Кроме того, в результате парафинирования повышается прочность углей и уменьшаются сколы торцов при шлифовании.

Торцы шлифуют на автоматических станках, по своей конструкции не отличающихся от тех, которые применяют для торцовки и шлифовки поверхностей кинопроекционных углей (см. рис. 89),

Размер прорезей подающего барабана соответствует диаметру элементных углей. При шлифовке торцов следят за тем, чтобы длина углей не превышала допуска ±0,25 мм. Шлифованные поверхности торцов должны быть строго перпендикулярны оси угля, а их кромки не должны иметь сколов и выкрошек. Для обеспечения этих условий лента *2* должна хорошо прижимать угли к барабану.

Для шлифовки применяют карборундовые абразивные камни марки КЗ с зернистостью 60—70. Производительность станка составляет 18 000—20 000 шт./ч.

Последней операцией является проверка кривизны элементных углей. Для такой проверки служат станки. Станок имеет кассеты, разделенные перегородками, в которые укладывают угли. Перед выходным отверстием каждой кассеты расположены подающие планки, которые совершают качательное движение. Перед концом пальцев имеются две сортировочные пластины, одна из них может с помощью винтов для точного регулирования ширины сортировочной щели подниматься вверх и опускаться вниз, другая поворачиваться вокруг оси на некоторый угол.

Угли из кассет с помощью подающих планок скатываются в калибрующую щель. Прямые угли проходят щель и попадают в сборный ящик, кривые не могут пройти щель и, попадая на качающуюся пластину, скатываются по ней в ящик для брака. Производительность такой сортировочной машины достигает 30 000—40 000 шт./ч и выше. Готовые угли контролируют и затем упаковывают в коробки.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют типы и конструкции электрощеток?
2. Назовите составные элементы электрощеток и их назначение.
3. Перечислите операции механической обработки электрощеток.
4. Как осуществляется раскрой блоков?
5. Какой режущий инструмент применяют для механической обработки электрощеток и углей?
6. Расскажите о конструкции станков для механической обработки щеток.
7. Какие существуют методы заделки провода, каковы их особенности и преимущества?
8. Как устроен и работает конопаточный станок?
9. Назовите основные операции механической обработки и сборки электрических углей.
10. Для чего применяют парафинирование элементных углей?
11. Какое оборудование применяют для механической обработки осветительных и элементных углей?
12. Как производят контроль качества изделия после операции механической обработки и сборки?

ГЛАВА IX

ПРОПИТКА И ОМЕДНЕНИЕ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 42. НАЗНАЧЕНИЕ И МЕТОДЫ ПРОПИТКИ

Электроугольные изделия обладают пористостью, которая в среднем составляет до 30% объема. Из всего количества объема пор

около 85—90% приходится на открытые поры и остальное на закрытые.

Пропитка заключается в заполнении открытых пор изделий различными веществами, которые называют пропитками или смазками.

Цель пропитки — повысить плотность, физико-механические и антифрикционные характеристики, а также улучшить эксплуатационные свойства готовых изделий. Пропитка обеспечивает устойчивую работу щеток в атмосфере, обедненной влагой и кислородом, в условиях глубокого вакуума, в среде водорода, в среде, обогащенной кремнийорганическими соединениями. В ряде случаев удается полностью закрыть поры и создать угольно-графитные конструкционные материалы, непроницаемые для газов и жидкостей.

В качестве пропитывающих веществ применяют каменноугольный пек, бакелитовый и кремнийорганический лаки, фуриловый спирт, иодистый кадмий, стеарат свинца, смазку на основе тракторного нигрола, уксусно-кислый литий, дисульфид молибдена, фторопласт, коллоидный графит и другие. В качестве металлов для пропитки используют олово, сплав олова со свинцом, баббит, а также металлоорганические и галоидные соединения и соли металлов.

Процесс пропитки зависит от пористости материала, размера пор, вязкости пропитывающего вещества, смачиваемости, вакуума, температуры, давления и выдержки при давлении, габаритов изделия.

Применяют следующие методы пропитки: 1) погружение, 2) вакуум, 3) вакуум-давление, 4) давление*.

Процесс пропитки, как правило, проводят при нагреве, так как повышается текучесть пропитывающего вещества, улучшается смачивание и проникновение его в поры изделий.

Пропитка погружением является наиболее простым методом, не требующим специальной аппаратуры. Изделие сушат, затем погружают на несколько часов в пропитывающий раствор. Под действием капиллярных сил пропитывающее вещество проникает в поры изделия. Однако находящийся в порах воздух затрудняет полное проникновение его в глубь материала, особенно в наиболее мелкие поры. Поэтому для создания равномерного распределения пропитывающего вещества по объему изделия пропитку проводят по методу «вакуум-давление».

В ряде случаев для эффективной пропитки оказывается достаточным применять только один вакуум.

Пропитка состоит из следующих операций:

1) подготовки пропиточного раствора;
2) подготовки и сушки изделий для пропитки;
3) процесса пропитки;
4) промывки и сушки пропитанных изделий.

---

* Кроме указанных методов применяется пропитка с помощью ультразвука.

Каждая из этих операций должна выполняться точно в соответствии с технологическим режимом. Отклонение от технологического режима приводит к большому разбросу свойств, а также браку изделий.

§ 43. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОПИТКИ

Пропитка каменноугольным пеком. Пропитку полуфабриката каменноугольным пеком производят после обжига и реже после графитации, но до механической обработки. Пропитку проводят по методу вакуум-давления.

Установка для пропитки электроугольных изделий каменноугольным пеком (рис. 91) состоит из компрессора *1*, автоклава *5*

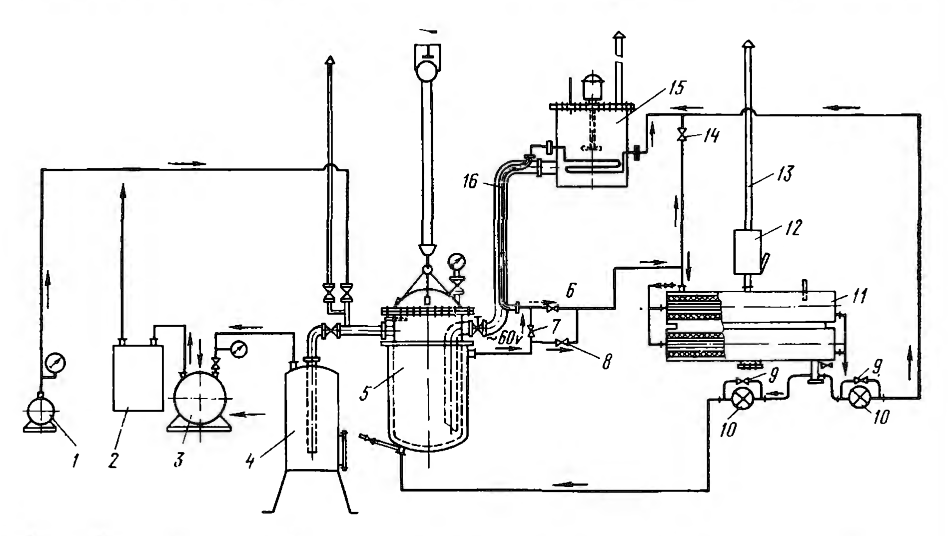


Рис. 91. Схема установки для пропитки электроугольных изделий каменноугольным пеком:

1 — компрессор, *2* — водоотделитель, *3* — водокольцевой вакуум-насос, *4* — ресивер, *5* — автоклав, *6, 7, 8, 9, 14* — краны, *10* — шестеренчатые насосы для перекачки масла, *11* — бойлер с электрическими нагревателями для нагрева масла, *12* — расширитель, *13* — труба в атмосферу, *15* — пекоплавитель, *16* — пекопровод

с рубашкой, пекоплавителя с обогревом *15*, вакуум-насоса *3*, системы пневмовоздухопроводов. Обогрев пекоплавителя и автоклава производится с помощью горячего масла. Кроме этой аппаратуры установка имеет сушильный шкаф с электрическим обогревом.

Пропитку осуществляют следующим образом. Блоки, кольца или другие изделия очищают, взвешивают и загружают в пропиточную корзину с отверстиями. Загрузку производят с таким расчетом, чтобы между изделиями оставались промежутки для обтекания их пропиткой со всех сторон. При такой загрузке блоки не слипаются. Затем корзину с изделиями помещают в сушильный шкаф, где они сушатся в течение нескольких часов при 180—200° С. После сушки

корзину с нагретыми изделиями загружают в автоклав, крышку тщательно забалчивают.

Для лучшего уплотнения крышки периодически создают вакуум в автоклаве. После загрузки и уплотнения крышки включают в работу вакуум-насос в течение 2—3 ч, который создает разрежение в автоклаве. Остаточное давление в автоклаве достигает 100—150 мм рт. ст., а температура нагрева его корпуса составляет 160° С. По окончании вакуумирования краны на вакуумной линии перекрывают, и в автоклав из пекоплавителя заливают расплавленный и подогретый до 160° С пек; количество пека определяется из такого расчета, чтобы он покрыл полностью загруженные для пропитки изделия.

Когда автоклав заполнен, в нем создают давление 6—7 ат. После 2—3 ч выдержки изделий под этим давлением пек осторожно по обогреваемому пекопроводу перекачивают из автоклава в пекоплавитель. Затем давление в автоклаве снижают до нормального, открывают крышку, а корзину с изделиями выгружают и охлаждают водой.

Пропитанные пеком изделия для определения привеса взвешивают, а затем направляют на вторичный обжиг. В процессе обжига пек, находящийся в порах изделий, коксуется, образуя дополнительный коксовый каркас.

Для получения особо прочных и плотных конструкционных материалов производят двух- и трехкратную пропитку пеком с обжигом после каждой пропитки.

После пропитки в пекоплавителе проверяют температуру размягчения пека, которая должна быть не выше 75° С, и, если необходимо, производят корректировку, добавляя в него антраценовое масло.

Режим обжига заготовок, пропитанных первый раз, может быть ускоренным, однако после второй и третьей пропитки во избежание растрескивания изделий рекомендуется медленный подъем температуры.

Для обжига пропитанных изделий используют кольцевые или периодические печи (см. гл. VII).

Привес блоков после каждой пропитки в связи с уменьшением пористости и повышением их плотности снижается. Так, при пропитке обычного полуфабриката привес после первой пропитки составляет 6—8%, после второй пропитки — 4%.

В табл. 16 приведены свойства электрографитированного полуфабриката до и после однократной пропитки каменноугольным пеком.

Пропитка бакелитовым лаком. Бакелитовым лаком пропитывают преимущественно электрощетки, применяемые для автотракторного электрооборудования.

Пропиткой служит бакелитовый лак марки А (ГОСТ 901—56). Для получения требуемой концентрации (обычно 10%) бакелитовый лак разбавляют этиловым спиртом, потребное количество которого рассчитывают по формуле (см. гл. III, § 17).

Таблица 16

Влияние пропитки пеком на физико-механические и коллекторные свойства электрощеточного полуфабриката и анодов

Марка полуфабриката (опытная)	Предел прочности				Удельное электрическое сопротивление, Ом·мм²/м		Коллекторные характеристики					
	при изгибе, кГ/см²		при сжатии, кГ/см²				Износ на коллекторах за 50 ч, мм		Переходное падение напряжения на пару щеток, В		Коэффициент трения	
	непропитанные	пропитанные	непропитанные	пропитанные	непропитанные	пропитанные	непропитанные	пропитанные	непропитанные	пропитанные	непропитанные	пропитанные
ЭГ4	138,2	175,2	151,7	217,3	12,1	9,95	0,61	0,47	1,59	2,43	0,16	0,13
ЭГ14	169,7	296,8	309,6	538,5	32,4	20,7	0,64	0,24	2,5	2,61	0,16	0,16
ЭГ2А	470	483,5	270	345	18,5	15,7	0,30	0,20	3,0	2,7	0,16	0,16
Аноды	217,0	344,75	337,5	447,5	12,5	9,9	—	—	—	—	—	—

Пропитку проводят по методу вакуум-давление при температуре нагрева раствора до 30—40° С. Выдержка при давлении 4—5 ат составляет 30—45 мин.

Пропитанные заготовки протирают, а затем с целью полимеризации бакелитового лака сушат в сушильных шкафах.

Режим сушки следующий: медленный подъем температуры до 70° С с выдержкой при этой температуре в течение 2 ч; подъем температуры до 100—120° С в течение 2 ч с выдержкой при конечной температуре в течение 2—4 ч. Иногда процесс сушки во избежание выделения лака из пор щеток удлиняют до 24 ч, а температуру повышают до 140—160° С. После сушки заготовки взвешивают и определяют привес пропитки. Если предусмотрена двукратная пропитка, то изделия после сушки направляют на повторную операцию.

Пропитка стеаратом свинца (металлическим мылом) *. Для пропитки электрощеток почти всех сажевых марок используют бензиновый раствор стеарата свинца. Стеарат свинца при растворении в бензине осторожно нагревают до 30—50° С, пропуская через него воздух. Для пропитки заготовки щеток погружают в подогретый до 70—80° С раствор. Если щетки омедняют, то их пропитку ведут до омеднения.

Пропитанные металлическим мылом заготовки щеток промывают бензином для удаления с их поверхности смазки, а затем сушат в течение 3—4 ч при медленном подъеме температуры до 100—110° С.

Пропитка маслом. Маслом пропитывают только металлокерамические подшипники с целью повышения их смазывающих свойств. Подшипники или заготовки погружают на несколько часов в ванну

* Металлическое мыло содержит около 60% стеарита свинца и 40% свинцовых солей других жирных кислот.

с маслом, нагретым до 70—100° С, а затем охлаждают в нем же. Для пропитки используют машинное или трансформаторное масло с вязкостью 4—5° по Энглеру.

Пропитка металлом. Угольно-графитные изделия пропитывают металлами в специальных автоклавах. Заготовки, предварительно нагретые до 300° С, погружают в расплавленный металл, нагретый на 200° С выше температуры плавления, после чего автоклав вакуумируют до остаточного давления 3 мм рт. ст. После вакуумирования с помощью азота создают давление 50—150 ат.

Пропитка фуриловым спиртом. Этот вид пропитки завоевал широкое применение в СССР и за рубежом; он применяется для электроугольных изделий, в том числе электрощеток и уплотнительных антифрикционных материалов.

Один из способов пропитки состоит в том, что изделие пропитывают отвердителем, солянокислым анилином или ортофосфорной кислотой, а затем фурилиевым спиртом. Однако такой метод имеет недостаток: смесь пропитывающего вещества с отвердителем склонна к экзотермической реакции, которая протекает особенно бурно при нагреве, что приводит к образованию трещин из-за закупорки полимеризационной смолой, в первую очередь, поверхностных слоев изделий.

Другой способ заключается в том, что изделие пропитывают дважды: вначале водным раствором отвердителя, а затем после сушки в течение 8 ч для удаления влаги — фуриловым спиртом. Качество фурилового спирта должно соответствовать ТУ 89-17—69. Пропитку ведут по системе вакуум-давление, а пропитанные изделия сушат в сушильных печах проходного типа при нагреве до 180° С. В необходимых случаях для получения газоплотных изделий пропитку повторяют 2—3 раза.

Контроль пропитки. Контроль пропитки производят с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, мановакуумметров, термометров, термопар.

Содержание пропитывающего вещества в изделиях, которое зависит от их вида, определяют весовым методом, прокаливанием и экстрагированием, а также с помощью химического и спектрального анализов.

Брак при пропитке. Если уровень раствора в аппарате недостаточен, то верхний ряд изделий оказывается не пропитанным. При быстром повышении температуры в процессе сушки пропитывающее вещество может выступить из пор в виде пузырей или тонких наплывов смолы.

Если блоки близко уложены один к другому, то они могут слипаться, что приводит к неравномерной пропитке.

При недостаточном вакууме или давлении наблюдается недопропитка изделий. В этом случае пропитку повторяют. Плохо просушенные щетки «мажут» коллектор электрической машины, повышая переходное падение напряжения в контакте, а выделяющаяся при износе пыль забивает межламельные промежутки и, осаждаясь на изоляции, понижает ее сопротивление.

Цель омеднения заключается в уменьшении потерь при пропускании через электроугольные изделия электрического тока. Омеднению подвергают электрические щетки, у которых заделку провода производят методом развальцовки или пайки, а также угли.

Омеднение электрощеток (рис. 92). Омеднению подвергают заготовки щеток до их армирования. Омеднение составляет 30—40% высоты щетки. Иногда омедняют только поверхность отверстий щеток. Омеднение должно быть гладким и однородным, не иметь вздутий, следов озеленения и плотно прилегать к телу щетки.

Омеднение заготовок щеток производят гальваническим способом в сернокислых ваннах размером 1,5×0,65×0,27 м. В ваннах находится электролит следующего состава: медный купорос $CuSO_4 \cdot H_2O$ — 170—200 г/л, серная кислота H_2SO_4 — 35—55 г/л, температура электролита 15—30° С. В качестве анодов применяют медные листы марки М-1 (ГОСТ 767—41).

Перед омеднением поверхность щеток обезжиривают в бензине или бензоле, а затем промывают в кипящей воде. Подготовленные таким образом щетки закрепляют в подвесках (рис. 93). Подвески с укрепленными щетками промывают сначала в горячей, а затем в холодной воде и загружают в ванну для омеднения.



Рис. 92. Технологическая схема омеднения заготовок электрощеток

Во время омеднения следят за тем, чтобы щетки были погружены в электролит на высоту, указанную в чертеже. При омеднении только отверстий под пайку или развальцовку на заготовки устанавливают экраны, которые предохраняют остальную часть поверхности щеток от омеднения. Всего в ванну загружают до восьми под-

весок, на каждой из которых закрепляют в зависимости от размер: 8—40 шт. заготовок.

После загрузки включают ток, постепенно увеличивая его д(максимальной величины. Плотность тока, приходящаяся на каждый квадратный сантиметр поверхности омедняемой части щетки, долж на быть 0,01—0,02 А, напряжение на ванну 6—8 В.

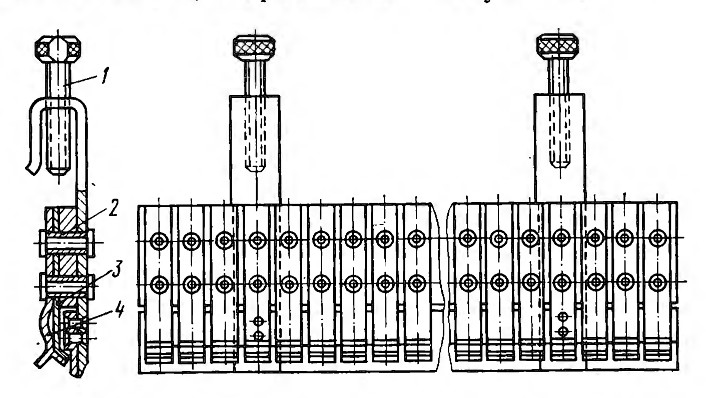


Рис. 93. Подвеска для омеднения электрощеток:
1 — крепление подвески, 2 — латунная трубка, 3 — медный зажим, 4 — пружина, прижимающая щетку

В процессе омеднения ток и напряжение на ваннах должны быть постоянными. Обычно время омеднения не превышает 30—40 мин.

Конец операции определяют измерением толщины омеднения с помощью микрометра. Согласно ГОСТ 12232—66 толщина омед

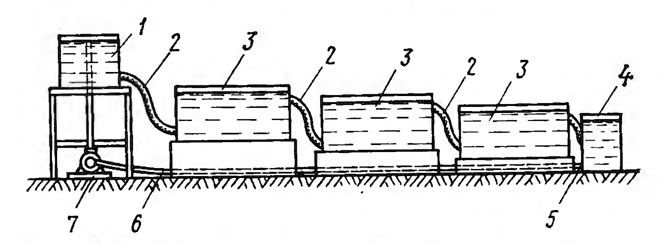


Рис. 94. Схема установки для гальванического омеднения углей в проточном электролите:
1 — напорный бак, 2 — соединительные штанги, 2 — ванны, 4 — бак для фильтрации электролита, 5 — вентиль, 6 — обратный трубопровод, 7 — насос

нения должна быть 10—15 мкм. После окончания омеднения подвески со щетками промывают сначала в холодной, затем в горячей воде и окончательно в водном растворе хромпика и соды. Затем щетки снимают с подвесок, обрабатывают в сухих опилках и сушат в течение 3—5 ч в сушильных шкафах при 100—120° С. Просушенные щетки охлаждают, а затем зачищают омедненную поверхность. Омедненные щетки подвергают контролю.

Омеднение углей. Омеднение углей также производят гальваническим способом в сернокислых ваннах, но с электролитом другого состава: медный купорос $CuSO_4 \cdot H_2O$ — 250—270 г/л, серная кислота H_2SO_4 — 50—70 г/л. Для омеднения углей служат специальные установки (рис. 94).

Установка состоит из фаолитовых ванн *3* размером 920×1600××600 мм, расположенных последовательно каскадом одна ниже другой. В начале ванн на каркасе установлен напорный бак *1*, а в конце — фильтр-бак *4*. Циркуляция электролита осуществляется непрерывно с помощью центробежного насоса *7*. Для нормальной циркуляции необходимо, чтобы поверхность фильтрующих элементов в баке была достаточной для пропускания нужного объема электролита (50—60 л/мин).

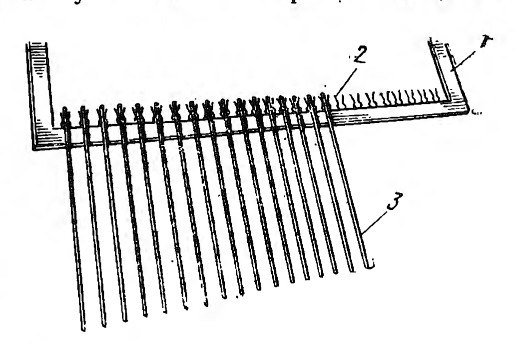


Рис. 95. Подвеска для омеднения углей:
1 — медная пластина, *2* — держатели, *3* — угли

Электролит из напорного бака поступает самотеком последовательно в первую, а затем вторую и последующие ванны, после чего попадает в фильтр-бак *4*. Там он очищается от попавших в него примесей и насосом перекачивается обратно в напорный бак. На боковые стенки ванн укладывают медные токопроводящие шины, на анодной (положительной) шине подвешены к штангам шесть медных пластин размером 12×260×360 мм, на катодной шине установлены пять штанг для подвески омедняемых углей.

До загрузки в ванну поверхность углей должна быть хорошо очищена. Угли с чистой поверхностью в течение 10—20 мин обезжиривают в бензоле, а затем промывают в горячей воде. Промытые угли крепятся с помощью пружинящих держателей на подвеске (рис. 95), после чего они навешивают на находящуюся под напряжением 6 В катодную штангу. Подвески не должны касаться электролита, а подвешенные к ним угли должны быть в строго вертикальном положении и на расстоянии 100 мм от анодов.

В ванну следует загружать угли одинакового размера; обычно в ванну загружают 120 шт. углей. Сила тока на ванну зависит от размера омедняемой поверхности углей. Омеднение углей производят нри плотности тока 0,03—0,045 А/см². Толщина медного слоя зависит от времени пребывания углей в ванне, плотности тока и кратности обмена электролита в ванне. Длительность омеднения для толщины покрытия 60—80 мкм составляет около 1 ч.

Слой омеднения должен быть плотным и одинаковой толщины по всей поверхности угля. В процессе омеднения из ванн вынимают несколько углей и контролируют толщину слоя покрытия. После окончания омеднения угли выгружают, тщательно промывают в хо-

лодной, после в горячей проточной воде с температурой 80° С, а затем в ванне с раствором виннокислого аммония. В освобожденную ванну загружают новую партию углей.

Промытые угли протирают опилками и направляют на сушку в электрические шкафы. Сушка производится в специальных кассетах при температуре ≈120° С в течение 1—4 ч. Во время сушки важно удалить всю влагу из углей, так как она является причиной окисления и почернения омедненного слоя.

После сушки поверхность омедненных углей обрабатывают на крацевальных станках, в результате чего она становится гладкой и блестящей.

В настоящее время омеднение углей производят на механизированных гальванических установках. Установка имеет два троллейных провода, по которым с помощью цепи продвигаются каретки с подвешенными к ним углями. Эта система прикреплена к траверсе. Угли последовательно проходят ванны для обезжиривания и для промывки холодной и горячей водой, гальванические ванны.

В процессе передвижения при переходе углей из одной ванны в другую траверса через каждые 2—3 мин (что соответствует продвижению цепи на один шаг — 500 мм) с помощью гидравлических цилиндров поднимается и опускается вниз. Омедненные угли снимают с подвесок и сушат, а на их место вешают новые.

Производительность такой установки составляет до 2000 шт./ч.

Контроль качества омеднения. Прежде всего изделие проверяют наружным осмотром.

Толщину омеднения щеток контролируют микрометром, а толщину омеднения углей — на приборе методом вольтметра-амперметра.

Качество сушки электрощеток определяют по содержанию в водной вытяжке иона SO_4. Напряжение и силу тока на ванны контролируют по приборам. Ток регулируют с помощью угольных реостатов.

Периодически проверяют состав электролита в ваннах, в случае необходимости производят корректировку. При наличии больших осадков электролит из ванн сливают и фильтруют.

Все штанги и контакты должны быть зачищены шкуркой и промыты водой во избежание больших падений напряжения на ваннах. Особенно необходимо обратить внимание на качество подвесок. Плохие подвески следует своевременно заменять новыми.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяют пропитку электроугольных изделий?
2. Назовите методы пропитки.
3. Какие вещества применяют для пропитки изделий?
4. Как работает установка для пропитки электроугольных изделий каменноугольным пеком?
5. Расскажите, как пропитывают электроугольные изделия бакелитовым лаком.

6. На какие физико-механические свойства электроугольных изделий влияет пропитка?
7. Для чего омедняют электроугольные изделия?
8. Расскажите о технологии омеднения.
9. Какой брак бывает при пропитке и при омеднении?

ГЛАВА X

ХАРАКТЕРИСТИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 45. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УГЛЕЙ

Осветительные угли изготовляют трех типов: простой дуги, пламенной и дуги высокой интенсивности.

Угли простой дуги. Такие угли применяют в дуговых лампах микроскопов, осциллографов, в светонагревательных приборах и для спектрального анализа.

При прохождении постоянного тока через угли, отведенные на некоторое расстояние один от другого, образуется вольтова дуга и на положительном угле — аноде возникает углубление (рис. 96) в виде чашечки, которая называется кратером. Кратер имеет самую высокую температуру — около 4000° С. Отрицательный уголь — катод приобретает заостренную форму; температура его составляет около 3200° С.



Рис. 96. Электроды электрической дуги постоянного тока

Если через угли пропускать переменный ток, то оба угля приобретают заостренную форму с небольшими кратерами на концах.

В дуге постоянного тока положительный уголь нагревается сильнее и сгорает быстрее, чем отрицательный. Для выравнивания скорости сгорания диаметр положительного угля делают на 3—4 мм больше диаметра отрицательного.

Световой поток, создаваемый в простой дуге кратером положительного угля, составляет 80% общего потока всей дуги, отрицательный уголь дает 15% светового потока. На долю остальных частей дуги приходится около 5% светового потока.

При переменном токе скорость сгорания углей одинакова, а температура и яркость дуги значительно меньше, чем у дуги постоянного тока. Так, при равной силе тока световой поток дуги переменного тока в 1,5—2 раза меньше, чем дуги постоянного тока. Максимальная плотность тока для положительного угля простой дуги составляет 0,25 А/мм^2, отрицательного — 0,5 А/мм^2. При переменном токе плотность тока на обоих углях составляет 0,1 А/мм^2. Яр-

кость электрической простой дуги при нормальной нагрузке достигает $15 \cdot 10^7$ нт *.

Осветительные угли для простой дуги выпускают без фитиля и с фитилем.

Так как кратер положительного угля является основным источником излучения, то для облегчения условий его образования и спокойного горения дуги в центре угля делают канал. Этот канал заполняют массой — фитилем, который сгорает быстрее, чем основной уголь. В результате создаются благоприятные условия для образования на конце угля кратера симметричной формы и для центровки дуги.

В качестве фитильной массы для углей простой дуги используют пасты, содержащие молотый пековый кокс или отходы и брак обожженных углей.

Угли для ламп пламенной дуги. Пламенная электрическая дуга отличается от простой более мощным световым потоком и яркостью.

На долю самой пламенной дуги приходится до 50% общего светового потока.

Угли, применяемые для пламенной дуги, отличаются от углей для простой дуги тем, что в состав фитиля вводят фтористый церий, который повышает свечение газового потока между углями. Пламенные угли применяют для дуги постоянного и переменного тока.

При работе на постоянном токе с пламенной дугой положительный уголь должен иметь пламенный фитиль. Рекомендуется снабжать таким фитилем и отрицательные угли. С целью увеличения допустимой токовой нагрузки поверхность пламенных углей омедняют. Плотность тока для углей пламенной дуги достигает 0,4 А/мм², а яркость дуги в зависимости от марки угля колеблется от $15 \cdot 10^7$ до $40 \cdot 10^7$ нт.

Угли для дуги высокой интенсивности. Дальнейшему развитию осветительной техники послужило открытие электрической дуги высокой интенсивности. Такая дуга характеризуется специфическим газовым разрядом, придающим ей исключительно интенсивную яркость, которая в 5—7 раз выше яркости дуги обычных углей. Температура дуги высокой интенсивности достигает 6800—7000° С. Такая яркость дуги создается как под действием высоких токовых нагрузок углей, которая достигает 1,5 А/мм², так и за счет повышенного содержания в фитиле фтористого церия.

Фитиль для положительных и отрицательных углей высокой интенсивности делают вставным или набивным (рис. 97).

Однако в некоторых типах углей отрицательный уголь делается гомогенным. Угли для дуги высокой интенсивности, чтобы предотвратить обгорание, омедняются. Для зажигания дуги некоторые ти-

---

* Нит (нт) — единица яркости. Яркостью в 1 нт обладает равномерно светящаяся плоская поверхность 1 м², излучающая в перпендикулярном к ней направлении свет силой в 1 свечу.

пы углей высокой интенсивности комплектуют третьим — гомогенным и неомедненным электродом.

Для равномерного обгорания и сохранения формы кратера положительный уголь в некоторых конструкциях ламп вращается.

Яркость дуги высокой интенсивности достигает $150 \cdot 10^7$ нт и выше, причем до 60—80% всего светового потока дают светящиеся газы, образующиеся при испарении фторидов редких земель.

Спектральная характеристика света, испускаемого дугой высокой интенсивности, приближается к солнечному, поэтому угли высокой интенсивности применяют для киносъемок цветных фильмов.

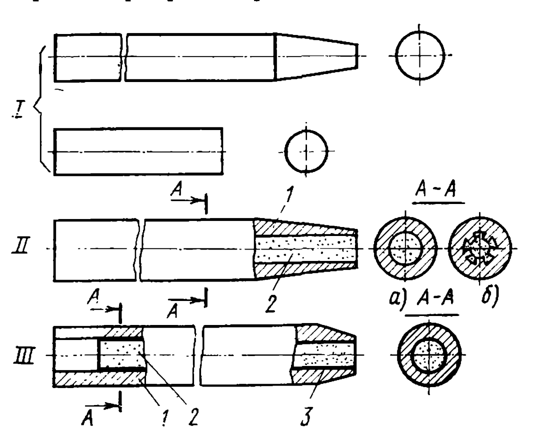


Рис. 97. Конструкции осветительных углей: I — без фитиля (гомогенные), II — с набивным фитилем (а — круглой формы, б — звездообразной формы), III — уголь со вставным фитилем; 1 — оболочка, 2 — фитиль, 3 — цементирующая масса

В табл. 17 приводится техническая характеристика некоторых типов высокоинтенсивных киносъемочных и кинопроекционных углей. По качеству кинопроекционные и киносъемочные угли должны соответствовать требованиям ГОСТ 8538—65 и ГОСТ 9934—61.

Спектральные угли. Промышленность выпускает следующие марки спектральных углей: С-2; С-3; С-4 и угли без бора. Содержание примесей бора, кремния, кальция, магния и других в зависимости от марки не должно превышать для углей марки С-4 — $1 \cdot 10^{-2}$%, для углей С-2 и С-3 — от $1 \cdot 10^{-3}$ до $3 \cdot 10^{-3}$ и для углей марки «безборные» — $5 \cdot 10^{-4}$%. Количественное содержание бора в углях марки «безборные» составляет $1 \cdot 10^{-5}$%.

Для получения столь чистых углей их подвергают специальной газотермической очистке при температуре 2800—3000° С.

Элементные угли. По своему качеству они должны соответствовать требованиям ГОСТ 13636—68. Удельное электрическое сопротивление элементных углей должно быть не более 50 Ом·мм²/м. Содержание зольных примесей должно быть не более 1%, содержание железа — не более 0,1%.

Элементные угли по требованию потребителей парафинируют.

§ 46. ИЗГОТОВЛЕНИЕ УГЛЕЙ

Для изготовления осветительных, термических, элементных и других типов углей используют разнообразные сырьевые материалы: пековый и нефтяной прокаленные коксы, сажу, графит, борную

Таблица 17

Техническая характеристика некоторых типов кинопроекционных и киносъемочных углей

Техническая характеристика	Обозначение комплектов углей КП8/7-60		Комплект КП9/8-90		Комплект КП11/10-120		Комплект КСБ8-40		Комплект КСЖ16/11-150	
	+КП8-60	−КП7-60	+КП9-90	−КП8-90	+КП11-120	−КП10-120	+КСБ8-40	−КСБ8-40	+КСЖ16-150	−КСЖ11-150
Номинальный диаметр, мм	8	7	9	8	11	10	8	8	16	11
Режимы горения: ток, А	60		90		120		40		150	
напряжение, В	45		55		68		36		52	
яркость центральной зоны кратера, нт	$60 \cdot 10^7$		$82 \cdot 10^7$		$75 \cdot 10^7$		$20 \cdot 10^7$		$47 \cdot 10^7$	
скорость сгорания, мм/ч	280	100	650	120	640	110	150	100	200	100
Область применения	Полуавтоматические дуговые кинопроекционные лампы КПТ-3 для освещения экранов				Дуговые лампы КПС-35-15 для освещения экранов		Дуговые осветительные приборы РД-5 для киносъемок		Дуговые осветительные приборы КПД-90 и КПД-50 для киносъемок	

кислоту, фтористый церий. В качестве связующих применяют смеси каменноугольной смолы и пека, маслопек. Для набивных фитилей и цементирующих паст в качестве связующих используют водный раствор калиевого стекла, бакелитовый лак и декстрин.

В табл. 18 приведена рецептура некоторых типов углей.

Таблица 18

Рецептура некоторых видов электрических углей

Наименование сырья	Состав, вес. ч.						
	угли „экстра", К и „эффект"	+ оболочки углей, 8—60, 9—90	+ оболочки углей 11—120	сварочные и элементные угли ⌀ 4,8 и 10 мм	пластины для разрядников плиток	элементные угли 4×30	+ фитиль углей, 11—120
Порошки							
Пековый прокаленный кокс	45,0	30,0	40	68,9	—	55,0	—
Нефтяной прокаленный кокс	—	—	—	—	60	—	—
Тайгинский графит	8,3	—	10	1,3	15	9,0	—
Сажа	10,9	41,5	48,8	9,8	25	16,0	32,4
Сажевая масса (1-й стадии)	—	27,5	—	—	—	—	—
Отходы	35,5	—	—	20,0	—	20,0	—
Борная кислота	0,3	1,0	1,2	—	—	—	8,4
Фтористый церий	—	—	—	—	—	—	59,2
Связующие на 100 вес. ч. порошков							
Смолопек	43,3	27,4	30,0	33,0	35,0	40,0	31,0

Положительные оболочки высокоинтенсивных углей получают из малозольных сырьевых материалов. Повышенная зольность и загрязнение исходного сырья и полуфабриката является причиной нестабильного горения, перебрасывания анодного пламени дуги на поверхность оболочки положительного угля.

В рецептуру некоторых марок осветительных углей входит уплотненная ламповая сажа. Она повышает яркость и механические свойства углей. Сажу уплотняют обработкой в бегунках или на вальцах.

Сажи в некоторых углях заменяют сажевой массой. Это объясняется тем, что использование в рецептуре ламповой сажи приводит к возникновению во время обжига больших усадок, внутренних напряжений и вследствие этого трещин и искривлений углей.

Для приготовления сажевой массы сажу смешивают в смесителях со связующим, а из полученной смеси формуют куличи. Куличи обжигают в печах при температуре 1100—1300° С, затем их дробят

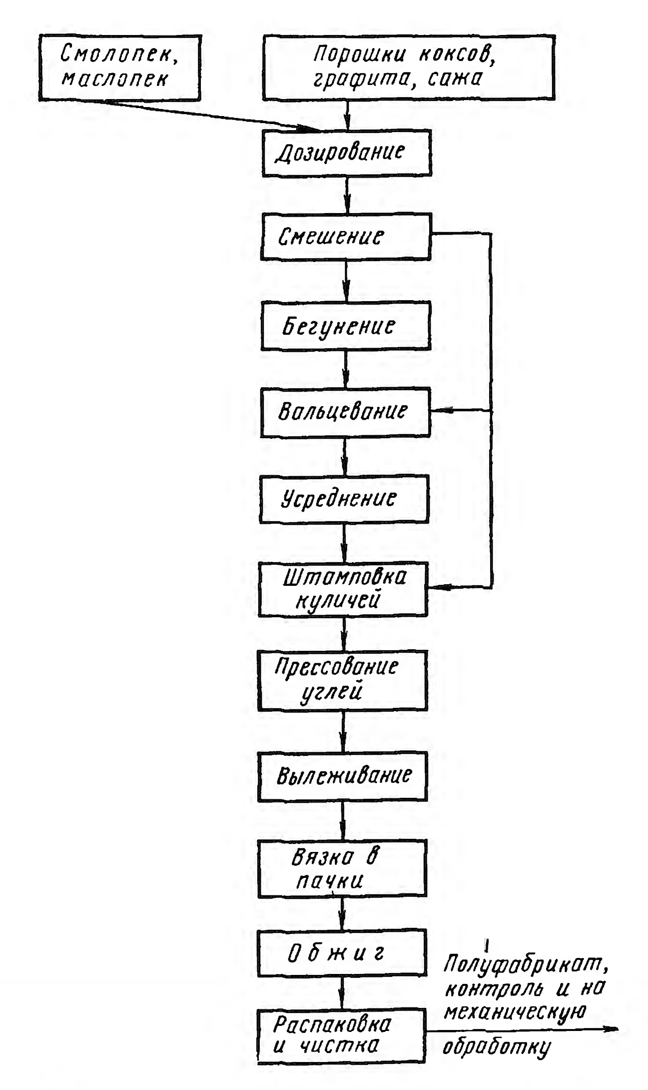


Рис. 98. Схема технологического процесса производства элементных, сварочных, кинопроекционных, спектральных, светокопировальных углей, угольных труб

и размалывают. В результате получают порошки 1-й стадии или сажевую массу.

В рецептуру осветительных углей входит натуральный графит. Он улучшает прессуемость изделий, повышает их электропроводность, а также стабильность режима горения дуги.

В положительные оболочки осветительных углей вводят обеззоленный графит с зольностью до 0,5%.

Спокойное горение дуги достигается добавлением в положительные и отрицательные оболочки осветительных углей борной кислоты.

Для окраски дуги в желтый цвет в фитиль желтопламенных углей, применяемых для съемки цветных кинофильмов, вводят фтористый кальций.

Изготовление углей производят в основном по одностадийному технологическому процессу (рис. 98).

Подготовленные порошки согласно рецепту дозируют и смешивают со связующими в смесителях с Z-образными лопастями (см. рис. 38). Выгруженная смесь обрабатывается с целью уплотнения и повышения однородности распределения связующих либо в бегунах, либо вальцуется 2—3 раза на вальцах. Полученную массу направляют для усреднения в смеситель, а затем из нее формуют на гидравлических прессах (см. рис. 63) или штамповках цилиндрические заготовки — «куличи».

«Куличи» направляют либо на операцию прессования, либо во избежание потери пластичности хранят в термосах, обогреваемых паром при температуре 100—120° С.

Таблица 19

Размеры мундштуков, игл и обожженного полуфабриката некоторых осветительных углей

Марка угля	Размеры инструмента, мм		Диаметр спрессованного угля, мм	Диаметр обожженного угля, мм	Длина спрессованного угля, мм
	диаметр мундштука	диаметр иглы			
+ Оболочка 8—60	$8,18^{-0,03}$	$4,4^{-0,025}$	8,18—8,35	$8,3^{\pm 0,58}$	800
+ Оболочка 9—90	$9,20^{+0,03}$	$5,8^{-0,025}$	9,20—9,35	$9,1^{-0,5}$	850
+ Оболочка 11—90	$7,55^{+0,03}$	$4,0^{-0,025}$	7,17—7,30	$7,2^{-0,36}$	780
— Уголь 8—60	$7,05^{+0,03}$	—	7,1—7,30	$7,3^{\pm 0,58}$	850
+ Фитиль 8—60	$3,9^{+0,025}$	—	3,9—4,05	$3,75^{\pm 0,05}$	410
+ Фитиль 9—90	$5,1^{+0,03}$	—	5,1—5,20	$5,1^{-0,16}$	400
Элементный ⌀ 4 мм	$4,0^{+0,025}$	—	4—4,12	$4,0^{\pm 0,06}$	720
Элементный ⌀ 6 мм	$6,0^{+0,03}$	—	6,06—6,18	$6,0^{\pm 0,03}$	900
Элементный ⌀ 8 мм	$7,95^{+0,03}$	—	8,02—8,20	$8,0^{\pm 0,03}$	900

Прессование куличей производят на горизонтальных гидравлических прессах усилием 800 Т (см. рис. 61, гл. VI) при удельном давлении на кулич до 1100 кГ/см². В табл. 19 приведен размер мундштуков и игл для некоторых типов углей. Смещение иглы от центра мундштука служит причиной разностенности и искривления углей.

Обжиг изделий производят в печах кольцевого типа при конечной температуре (1300° С).

Обожженные изделия распаковывают и подвергают осмотру. Угли, имеющие трещины, вздутия, овальность, искривление, отбраковывают; годные направляют на механическую обработку, а брак размалывают и используют как добавку в рецептуру или для засыпок.

Фитильную массу для набивных фитилей изготовляют путем смешения фтористого церия с калиевым жидким стеклом или бакелитовым лаком с добавкой глицерина в смесителях с Z-образными лопастями. Масса после смешения не должна иметь комочков или осадка. Для более однородного смешения в некоторых случаях церий с углеродистыми компонентами предварительно смешивают в сухом виде в барабанах с диагонально расположенной осью или в грушевидных смесителях, а затем полученную смесь перемешивают с жидкими связующими.

При изготовлении вставных (твердых) фитилей фтористый церий, сажу, борную кислоту смешивают со смолопеком в смесителях с обогревом. Из полученных смесей выдавливают стержни, которые затем обжигают.

Внутреннее отверстие оболочки и твердый фитиль смачивают цементирующей массой, состоящей из смеси порошка кокса и декстрина. Затем фитиль вручную вставляют в оболочку. После фитиления оболочку угля вытирают насухо так, чтобы на ней не осталось следов фитильной массы, и направляют на сушку в сушильные шкафы при 150—180° С. Высушенные угли контролируют, а затем направляют на операцию механической обработки (см. § 41) и, если требуется, на омеднение.

Набивным фитилем заполняют оболочки осветительных углей с помощью фитильного пресса. Фитильный пресс состоит из контейнера с мундштуком и поршня. Контейнер пресса имеет регулируемый обогрев.

Готовую фитильную массу загружают в контейнер пресса и приступают к фитилению оболочки. Уголь подставляют к мундштуку, а затем включают пресс. В результате фитильная масса выдавливается внутрь оболочки угля *.

Зафитиленные оболочки протирают хлопчатобумажной материей и некоторое время выдерживают в вертикальном положении, затем угли сушат. Режим сушки зависит от вида фитильной массы.

§ 47. ХАРАКТЕРИСТИКА ЩЕТОК ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Назначение электрощеток. Электрические щетки (рис. 99) используют в качестве неподвижного скользящего контакта, через который отводится электрический ток с вращающихся частей машины во внешнюю цепь или через которые ток поступает на вращающийся коллектор или кольца электрической машины (рис. 100).

---

* В настоящее время начинает применяться метод фитиления, по которому оболочка надевается на тонкую полую трубку, через которую фитильная масса поступает в уголь.

При работе электрической машины постоянного тока (генератора) щетки скользят по коллектору, отводят ток во внешнюю цепь, при этом они участвуют в процессе коммутации. Процесс коммутации, который происходит в тысячные доли секунды, представляет

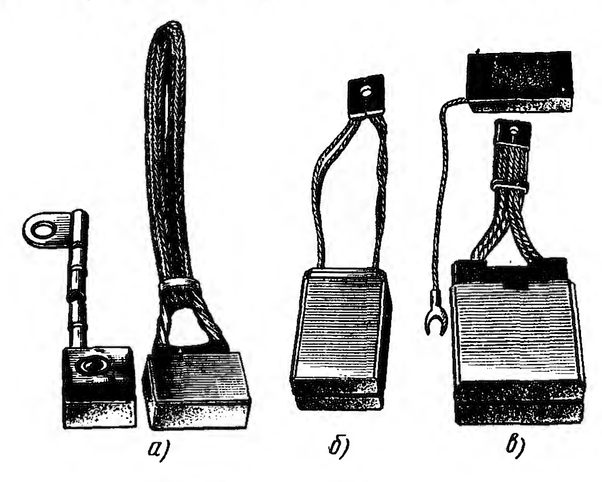


Рис. 99. Электрические щетки:
а — автотракторные, *б* — разрезные, *в* — транспортные

собой совокупность очень сложных электрических явлений. Эти явления связаны с изменением направления тока в секциях обмотки якоря машины при прохождении их через зону, в которой они замыкаются накоротко щетками, скользящими по коллектору.

При правильной работе машины щетки не искрят, а поверхность коллектора имеет хорошо отполированный блестящий вид. Такой вид коллектору машины придает образовавшаяся тончайшая пленка, которую называют политурой. Пленка имеет толщину порядка нескольких сотен ангстрем (ангстрем равен одной десятитысячной доли микрона). Она состоит из окиси и закиси меди, тончайших слоев графита, внедрившихся со щетки на поверхность коллек-

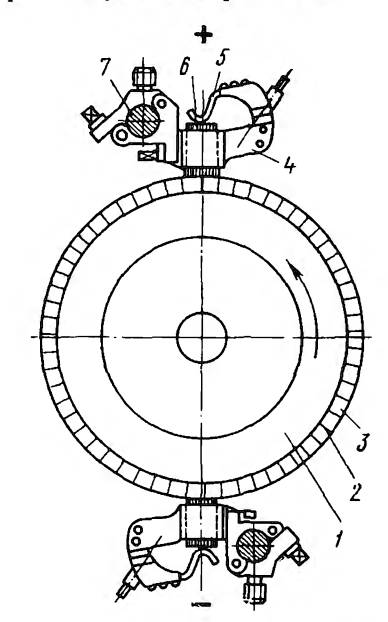


Рис. 100. Схема работы щеток электрической машины:
1 — коллектор, *2* — микаинтовая изоляция, *3* — коллекторные пластины, *4* — щеткодержатель, *5* — нажимное устройство с пружиной, *6* — щетка, *7* — палец для крепления щеткодержателя

тора, а также адсорбированной из воздуха влаги. На состояние политуры важное влияние оказывает состояние окружающей среды, температура и влажность. При отсутствии влаги пленка крайне неустойчива, быстро разрушается, причем резко ухудшается работа щеток: они начинают пылить и быстро изнашиваются.

Требования, предъявляемые к качеству электрических щеток. Щетки должны обеспечить хороший токоотвод и контакт с вращающимися частями машины, не вызывать искрения и шумов.

Щетки должны работать с минимальными потерями, хорошо коммутировать и обладать высокой износоустойчивостью. Они должны иметь необходимую механическую прочность, хорошо пришлифовываться и образовывать политуру, обеспечивая сохранность коллектора электрической машины, не вызывая его износа и повреждения.

Графитные, графитированные и угольно-графитные щетки состоят почти из чистого углерода. Содержание зольных примесей в графитных и угольно-графитных щетках составляет не более 2—7%, а в графитированных — в пределах 0,4—1,5%.

В состав металлографитных щеток входят графит и порошки таких металлов как медь, олово, свинец, серебро и др.

Различие между угольно-графитными, графитными и графитированными электрощетками заключается не только в рецептуре и свойствах, но и в температуре конечной обработки полуфабриката, из которого их изготовляют.

Угольно-графитные и графитные щетки получают из полуфабриката, обожженного при температуре до 1300° С, в то время как графитированные щетки получают из полуфабриката, подвергающегося графитации при температуре 2600—2800° С.

При оценке качества электрощеток обычно учитывают их технические характеристики и эксплуатационные свойства.

В табл. 20 приводятся технические характеристики электрощеточных материалов.

Эксплуатационные свойства щеток определяют на основании данных о работе щеток на электрических машинах в реальных условиях.

При выборе той или иной марки щеток обращают внимание на допустимые плотности тока и окружные скорости, коллекторные и физико-механические свойства. Допустимая плотность тока зависит от принадлежности щеток к тому или иному классу и колеблется от 6 до 30 А/см^2. Для щеток кратковременного действия допустимые плотности тока могут быть значительно выше указанной. От допустимой плотности тока зависит количество щеток, устанавливаемых на электрической машине. При расчете по плотности тока учитывают то обстоятельство, что обычно перегрев коллектора электрической машины не должен превышать 60° С. В некоторых современных конструкциях электрических машин величина плотности тока и предельная температура нагрева коллектора существенно увеличены. Окружные скорости для разных марок щеток составляют 10—60 м/с.

Таблица 20

Технические характеристики электрощеточных материалов

Виды щеток	Марка щеток	Плотность тока, А/см²	Максимальная окружная скорость, м/с	Удельное давление на щетку, Г/см²	Удельное электрическое сопротивление, Ом·мм²/м	Предел прочности при сжатии, кГ/см²	Модуль упругости, кГ/см²	Плотность, г/см³	Коллекторные характеристики при $V = 15$ м/с и $I = I_{ном}$		
									Переходное падение напряжения на пару щеток, В	Износ, мм/50 ч	Коэффициент трения
Угольнографитные	Т2	6	10	200—250	50	496	—	1,62	1,9	0,07	0,30
Графитные	Г3	11	25	200—250	16	253	1100	1,65	1,8	0,06	0,17
	Г20	10	25	200—300	67,5	—	—	—	3,3	—	0,17
Графитированные	ЭГ2А	10	45	200—400	20	483	790	1,68	2,5	0,03	0,17
	ЭГ4	12	40	150—200	12	211	850	1,70	2,2	0,05	0,25
	ЭГ8	10	40	200—400	39	610	680	1,64	2,6	0,05	0,15
	ЭГ13	11	40	—	33	—	—	1,73	2,7	0,04	0,17
	ЭГ13П	11	40	200—400	33	—	—	—	2,4	—	0,17
	ЭГ14	11	40	200—400	33	498	610	1,70	2,6	0,01	0,17
	ЭГ61	13	60	300—500	27	—	520	1,67	2,4	—	0,17
	ЭГ74	12	50	200—250	59	502	—	1,69	2,4	0,07	0,17
Металлографитные	611 М	12	40	200—250	12	334	1200	1,90	1,8	0,06	0,15
	М1	15	25	150—200	3,0	334	1450	3,10	1,4	0,07	0,17
	М3	12	20	150—200	7,6	339	1300	2,20	1,6	0,06	0,15
	М6	15	25	150—200	2,8	352	1600	3,00	1,3	0,20	0,15
	М20	12	20	150—200	6,5	336	1300	2,20	1,6	0,07	0,16
	МГ	20	20	180—230	0,07	—	3100	5,60	0,2	0,51	0,16
	МГ2	20	20	180—230	0,14	—	2000	5,00	0,4	0,24	0,17
	МГ4	15	20	200—250	0,90	487	1800	4,20	0,9	0,16	0,15
	МГ6	18	20	200—250	0,63	388	2200	4,30	0,7	0,43	0,16
	МГ64	20	25	150—200	0,08	944	2020	5,72	0,36	0,22	0,16
	МГСО	20	20	150—200	—	—	—	6,30	0,17	0,38	0,14
	МГСА	20	20	175	0,25	—	—	—	0,4	0,80	0,25
	МГС5	15	35	200—250	3,60	306	1250	3,20	1,3	0,18	0,15

Из числа коллекторных характеристик следует упомянуть о переходном падении напряжения и износе. Переходное падение напряжения — это потеря напряжения в скользящем контакте при прохождении тока в направлении от щетки к коллектору и наоборот. Величина переходного падения напряжения изменяется в зависимости от плотности тока. При возрастании плотности тока увеличивается переходное падение напряжения, причем вольтамперная характеристика отклоняется от прямой линии (рис. 101). Основная причина этого явления состоит в наличии слоя политуры, который ведет себя как полупроводник.

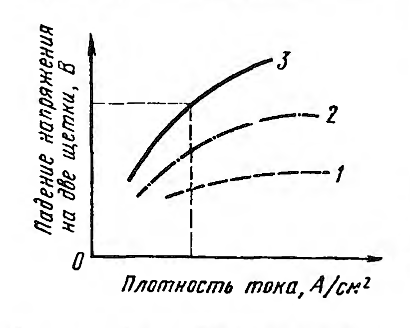


Рис. 101. Вольтамперная характеристика электрощеток:
1 — металлографитных, *2* — графитных, *3* — графитированных

Для каждой марки электрощеток величина переходного падения напряжения должна находиться в определенных пределах. Если переходное падение выше допустимого, то возрастут электрические потери в контакте, что нежелательно. Пониженное значение переходного падения может служить причиной искрения щеток.

На величину переходного падения напряжения оказывают влияние: состав щетки, окружная скорость коллектора машины, величина удельного давления на щетку, плотность тока, температура, состояние атмосферы и др.

Величина износа характеризует срок службы щеток при эксплуатации. На величину износа щеток оказывает влияние состав, твердость, удельное электрическое сопротивление, пористость, механическая прочность, давление на щетку и другие факторы. Наиболее реально оценивают эту величину на основании эксплуатационных испытаний.

Угольнографитные щетки. Угольнографитные щетки Т2 относят к твердым. Они могут работать при плотностях тока не выше 6—7 А/см² и окружной скорости коллектора 10—15 м/с. Благодаря повышенной твердости они обладают очищающим действием и поэтому их используют на небольших электрических машинах, у которых коллекторы подвержены загрязнению или почернению. Исходным сырьем для изготовления этих щеток служат графит, нефтяной кокс и сажа, в качестве связующего — смолопек.

Графитные щетки. К числу графитных щеток принадлежат щетки марок Г3. Эти щетки относят к мягким.

Для их изготовления используют в основном натуральный графит; количество его в рецептуре составляет до 75%. Графитные щетки обладают способностью хорошо образовывать на коллекторах политуру. При небольшой прочности они имеют хорошую эластичность и характеризуются высокими антифрикционными свойствами.

Графитные щетки могут работать при плотностях тока до 12 А/см^2 и окружной скорости коллектора до 25 м/с и выше. Эти щетки используют на кольцах быстроходных турбогенераторов, сварочных генераторах, контактных кольцах асинхронных двигателей и одноякорных преобразователей.

К графитным щеткам относят и высокоомные щетки марки Г20. Эти щетки обладают высоким переходным падением напряжения и могут работать при плотностях тока до 10 А/см^2. Они предназначены для коллекторных машин малой мощности с трудными условиями коммутации и применяются на радиоумформерах, электромашинных усилителях, двигателях «Шраге».

Графитированные щетки. Эти щетки являются самыми распространенными; к ним относят следующие марки: ЭГ4, ЭГ2А, ЭГ14, ЭГ8, ЭГ61, ЭГ74.

Они могут работать при плотностях тока 10—12 А/см^2 и окружных скоростях до 40—50 м/с.

Электрощетки марки ЭГ4 изготовляют по той же рецептуре и технологии, что и щетки Г3, но отличаются от них тем, что конечной стадией обработки полуфабриката является графитация.

Электрощетки ЭГ4 обладают большой эластичностью. При низкой твердости и прочности они отличаются способностью быстро образовывать на коллекторе политуру. Их используют на электрооборудовании прокатных станов с неравномерной нагрузкой, контактных кольцах цепей возбуждения быстроходных турбогенераторов и одноякорных преобразователей; коммутирующие свойства этих щеток не высоки.

Электрощетки ЭГ2А изготовляют на основе нефтяного кокса и натурального графита. Эти коксографитные графитированные щетки обладают высокими механическими свойствами и хорошей стойкостью к механическим ударным нагрузкам и толчкам. Они находят преимущественно применение на тяговых двигателях электровозов и тепловозов, а также для электрооборудования прокатных станов.

Электрощетки ЭГ14 изготовляют на основе сажи и пекового кокса. Они обладают достаточно высокими коммутирующими свойствами и износоустойчивостью. Их применяют на коллекторах мощных генераторов и двигателей прокатных станов, подъемниках доменных печей, тяговых двигателей тепловозов.

Электрощетки ЭГ14 для автомобильных генераторов пропитывают раствором бакелитового лака в спирте и выпускают под марками ЭГ13 и ЭГ13П.

Электрощетки ЭГ8, ЭГ74 и ЭГ61 относят к сажевым износоустойчивым маркам. Они обладают высокими коммутирующими свойствами.

Электрощетки ЭГ74 и их модификации в настоящее время стали применять вместо более старых марок — ЭГ2А, ЭГ14 и ЭГ8.

Электрощетки ЭГ74К пригодны для работы при повышенных температурах на электрических машинах с кремнийорганической изоляцией.

Сажевые щетки, обладая высоким переходным падением напряжения в контакте и хорошей износоустойчивостью, могут работать при окружных скоростях, достигающих 50—60 м/с. Для улучшения рабочих характеристик их пропитывают различными веществами.

Металлографитные электрощетки. Металлографитные щетки получают главным образом на основе медного порошка и натурального графита. В качестве добавок, улучшающих контактные свойства таких электрощеток, применяют порошки олова, свинца и других металлов. Некоторые марки этих электрощеток получают на основе серебряного порошка и графита.

Металлографитные щетки имеют низкое удельное электрическое сопротивление и переходное падение напряжения в контакте. Они могут работать при плотностях тока до 25 А/см^2 и окружной скорости до 25 м/с. Кратковременно щетки этого типа (стартерные) могут использоваться при плотности тока до 60 А/см^2 и выше.

Область применения металлографитных электрощеток разнообразна. Их используют в низковольтных генераторах, рассчитанных на большую силу тока, автомобильных стартерах, зарядных генераторах напряжением менее 60 В, кольцах синхронных двигателей и одноякорных преобразователей, генераторах и преобразователях и для других электрических машин.

В зависимости от условий эксплуатации некоторые марки металлографитных щеток выпускают в пропитанном виде.

Серебрянографитные щетки, которые также относятся к металлографитным, обладают очень низким удельным электрическим сопротивлением и применяются в серводвигателях, реле, различных приборах и там, где требуются минимальные потери в скользящем контакте.

§ 48. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОЛУФАБРИКАТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОЩЕТОК

Для производства электрощеток широко используют двух-, трех-, а также многокомпонентные композиции (табл. 21)

В табл. 22 приводится рецептура некоторых марок щеток. Изготовление полуфабриката для электрощеток производят по одностадийному или двухстадийному технологическому процессу.

Одностадийный технологический процесс. При одностадийном технологическом процессе (рис. 102) порошки коксов, сажи, графита в определенных соотношениях смешивают со связующими.

Смеси, содержащие преимущественно коксы, сажу, для лучшего распределения связующих сразу же вальцуют, затем охлаждают и размалывают. В результате получают пресс-порошки, из которых на гидравлических прессах в пресс-формах прессуют блоки, которые обжигают при 1200—1300° С. Смеси, содержащие преимущественно графит, не подвергают вальцеванию.

Таблица 21

Состав композиции электрощеток основных марок

Группа	Марка щеток	Наименование композиции
Угольнографитная	Т2	Графит — нефтяиой кокс — ламповая сажа — смолопек
Графитная	Г3	Графит — ламповая сажа — смолопек
	Г20	Графит — феиолформальдегидная смола
Графитнрованная	ЭГ4	Графит — ламповая сажа — смолопек
То же	ЭГ14, ЭГ13, ЭГ13п	Пековый кокс — ламповая сажа — смолопек
	ЭГ2А	Графит — нефтяной кокс — смолопек
»	ЭГ74, ЭГ61	Ламповая сажа — пек
Металлографитная	МГ, 611М*, МГ2**	Медь — графит
»	МГСО	Медь — графит — олово — свинцовый глет
	МГС, МГ64	Медь — графит — свинцовый глет
	М1, М3, М6, М20	Медь — графит — каменноугольиая смола
	МГС5	Медь — графит — свинец — каменноугольная смола

* С небольшой добавкой медного порошка.
** С небольшой добавкой олова.

Таблица 22

Рецептурный состав некоторых марок электрощеток

Материал	Состав в весовых частях						
	Т2	Г3 ЭГ4	ЭГ14	ЭГ2А 2-я стадия	ЭГ8 2-я стадия	МГ	МГС
Тайгинский графит	—	81	—	—	—	10	4,0
Ногинский графит	69	—	—	—	—	—	—
Пековый кокс	—	—	59,4	—	—	—	—
Нефтяной кокс	11	—	—	—	—	—	—
Сажа	13	10	34,0	16,6	—	—	—
Порошок 1-й стадии	—	—	—	66,8*	100**	—	—
Молотые отходы	7	9	6,6	16,6	—	—	—
Медиый порошок	—	—	—	—	—	90	87,0
Оловянный порошок	—	—	—	—	—	—	—
Свинцовый глет	—	—	—	—	—	—	9,0
Связующее на 100 вес. ч. порошков							
Смолопек	54,5	44,0	46,0	47,4	39,3	—	—

* В 1-й стадии содержится нефтяной кокс и графит.
** В 1-й стадии содержится графит и сажа.

Для графитированных марок электрощеточного полуфабриката обжиг не является конечной операцией. Для получения графитированных электрощеток обожженные блоки подвергают графитации.

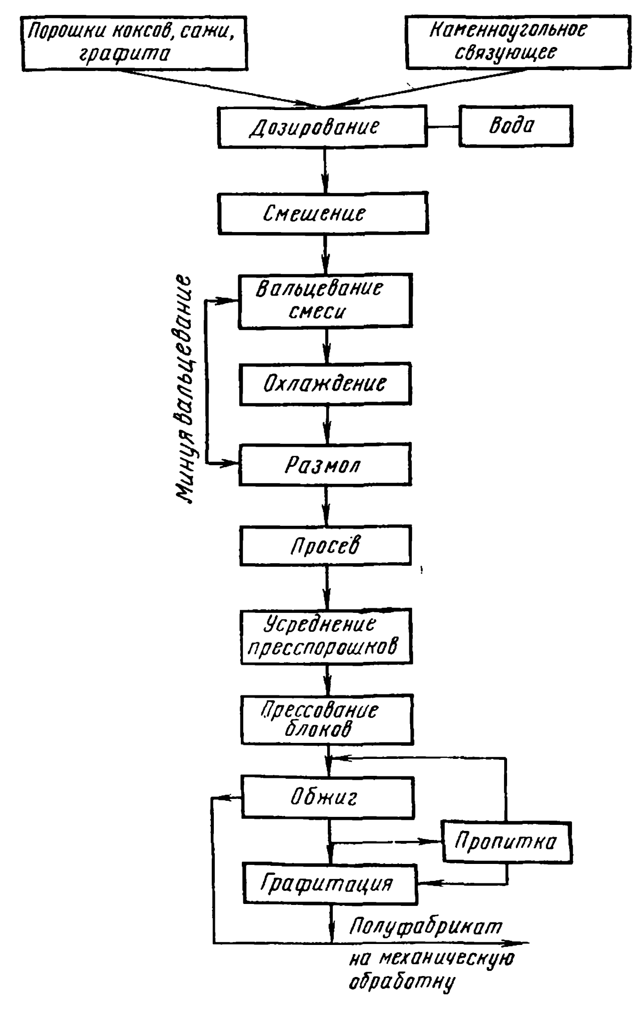


Рис. 102. Схема одностадийного технологического процесса производства полуфабриката электрощеток ЭГ4, ЭГ14, анодов

Весьма эффективен одностадийный суховальцовый способ (рис. 103) изготовления полуфабриката для электрощеток марок ЭГ74, ЭГ74К, ЭГ61.

Исходным сырьем для изготовления служат ламповая сажа и высокоплавкий пек (см. § 5 и § 7). Сажу и пек без добавок или с каталитическими добавками в соответствующем соотношении раз-

малывают совместно в вибрационных мельницах до гомогенного состояния. Полученную шихту вальцуют на нагретых до 260—280° С вальцах с электрообогревом (см. § 20). При вальцевании необходимо строго соблюдать необходимый зазор между валками и температурный режим. Провальцованную массу охлаждают, а затем размалывают на мельничных установках до заданной крупно-

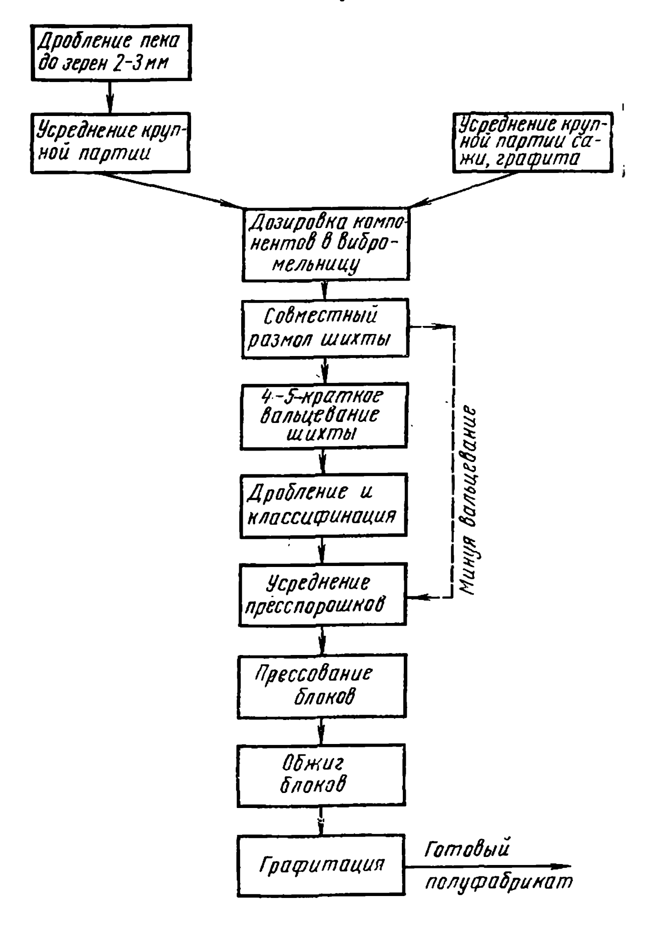


Рис. 103. Технологическая схема производства полуфабриката суховальцовым способом

сти. Из пресс-порошков при давлении 1600—1800 кГ/см² прессуют блоки, упаковывают их в коксовую засыпку в металлические коробки и обжигают в туннельных печах при 1200—1250° С. После обжига блоки графитируют. Из полученного таким образом полуфабриката изготовляют щетки. Щетки выпускают в пропитанном виде.

Вариантом описанного технологического процесса является изготовление полуфабриката путем непосредственного прессования

блоков из шихты, подверженной вибропомолу, минуя операцию вальцевания.

Двухстадийный технологический процесс. Двухстадийный технологический процесс производства полуфабриката (рис. 104) для

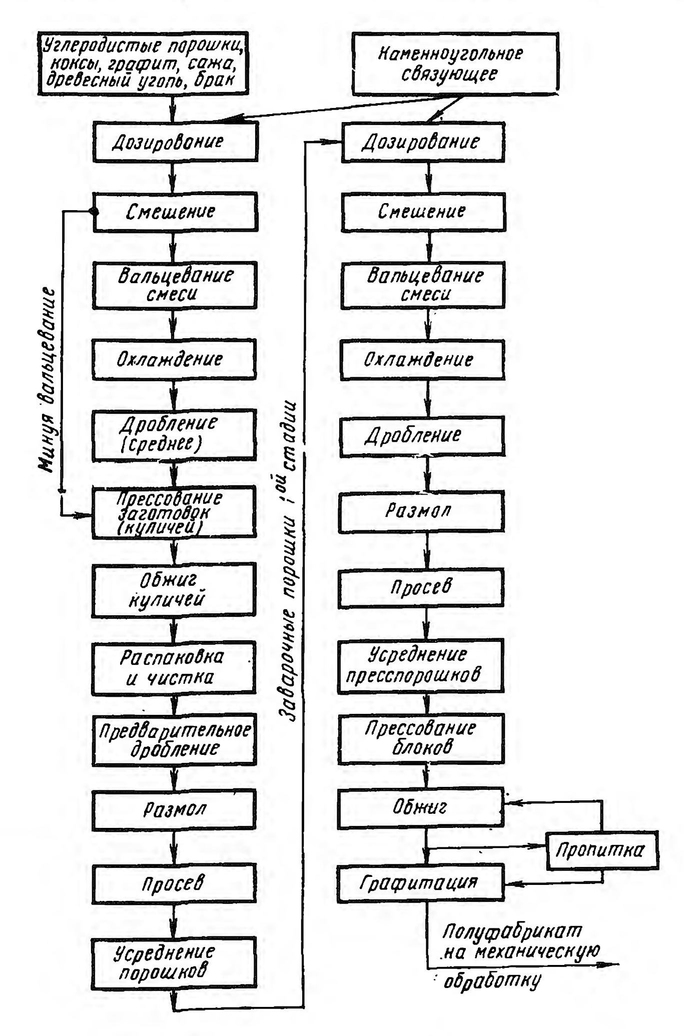


Рис. 104. Схема двухстадийного технологического процесса производства полуфабриката для электрощеток ЭГ2А, ЭГ8, а также конструкционного углеграфита

электрощеток отличается от одностадийного тем, что в первой стадии получают порошки, которые называют заварочными порошками 1-й стадии.

В дальнейшем порошки 1-й стадии используют как основной исходный материал для изготовления полуфабриката. Порядок опе-

рации при этом аналогичен изготовлению полуфабриката в одну стадию.

Из сравнения описанных технологических процессов видно, что при двухстадийной технологии такие основные операции как размол, дозирование, смешение, прессование, обжиг повторяются два раза. При этом увеличиваются потери материала на распыление и отходы, трудоемкость, загрузка оборудования; удлиняется в 2—2,5 раза длительность технологического цикла (который составляет 60 суток), что является серьезным недостатком двухстадийного технологического процесса.

В настоящее время стремятся уменьшить стадийность и длительность технологического цикла производства электроугольных изделий путем применения сырьевых материалов с более стабильными свойствами, совершенствования технологического процесса, применения машин непрерывного действия, организации эффективного контроля процесса по операциям.

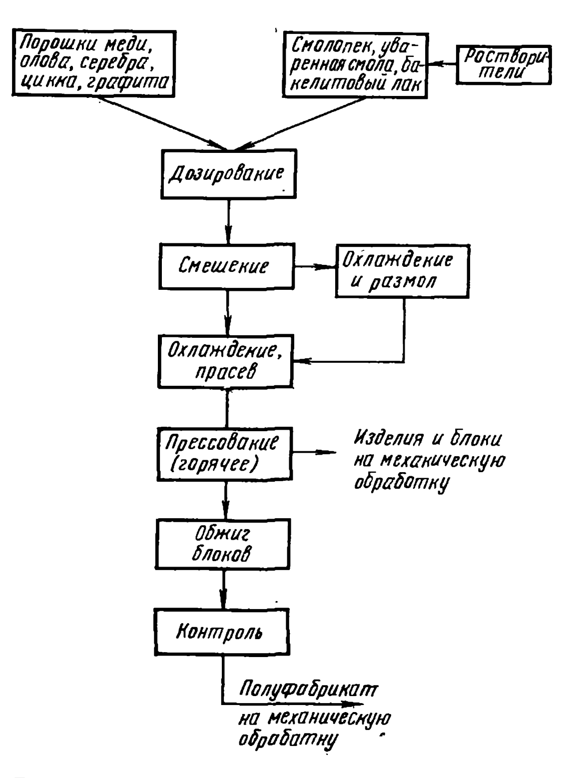


Рис. 105. Технологическая схема производства полуфабриката для металлографитных щеток

Особенности изготовления полуфабриката для металлографитных щеток. Изготовление полуфабриката для металлографитных щеток производят без связующих (этот метод применяют в металлокерамике), а также с применением связующих.

Полуфабрикат для металлографитных щеток со связующим изготовляют в соответствии с технологической схемой, приведенной на рис. 105.

На операции смешения применяется два способа смешения загрузки компонентов и связующего. По первому способу в смеситель загружают сначала графит, затем медный и другие порошки, их смешивают. Далее заливают связующее, в качестве которого применяют смолопек, уваренную каменноугольную смолу, иногда в смеси с бензолом. По второму способу графит сначала смешивают со связующим, смесь охлаждают и размалывают, полученный по-

рошок (смесь графита и связующего) смешивают с порошками м таллов. Таким образом удается получить более равномерное ра пределение компонентов в смеси.

После операции смешения и сушки смесь выгружают, охлажд ют, а затем просеивают. Некоторые марки смесей подвергают ра молу, а полученный порошок просеивают.

Прессование блоков металлографитных марок производят п повышенных удельных давлениях порядка 2000—3000 кГ/см² выше.

Обжиг спрессованных блоков в зависимости от марки издел производят в засыпке из активированного угля, а также коксов засыпке в муфельных печах при температуре 650—950° С, а так в кольцевых при температуре 1000—1060° С.

Полуфабрикат, изготовляемый с применением связующего бакелитового лака, прессуют в нагретых пресс-формах.

§ 49. ХАРАКТЕРИСТИКА УГОЛЬНЫХ СТОЛБОВ СОПРОТИВЛЕН

Угольные столбы сопротивления (рис. 106) состоят из набо угольных шайб или дисков различного диаметра; количество так шайб может быть от нескольких десятков до нескольких соте толщина шайб обычно составляет 0,5—2,3 мм.

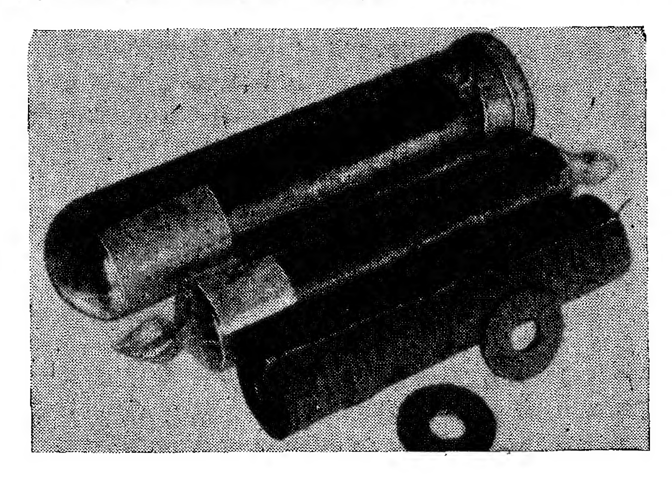


Рис. 106. Угольные столбы в упаковке

В основу действия угольных столбов положено их свойство м нять свое электрическое сопротивление в широких пределах в за симости от величины нагрузки на столб. При снятии нагрузки столб сопротивление его восстанавливается до первоначальной личины. Характер изменения электрического сопротивления угол ного столба от нагрузки приведен на рис. 107.

При сжатии угольного столба вследствие деформации шайб он уменьшает свою высоту. Величина деформации зависит от нагрузки на столб, толщины и свойств материала шайб.

Важной характеристикой угольного столба является его кратность, которую определяют как отношение максимальной величины сопротивления при минимальной нагрузке к величине сопротивления столба при максимальной нагрузке. Чем выше кратность при заданной величине деформации, тем лучше качество угольного столба (табл. 23).

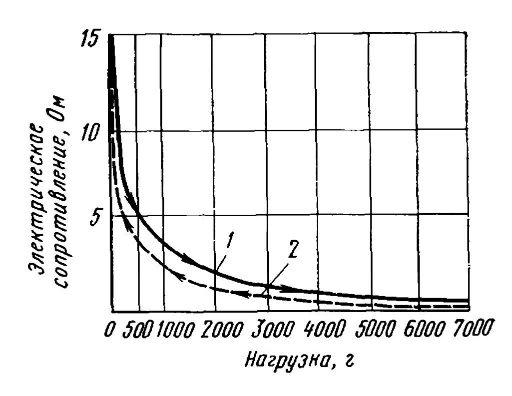


Рис. 107. Зависимость электрического сопротивления угольного столба от механической нагрузки:
1 — при прямом ходе, 2 — при обратном ходе

Таблица 23

Характеристика некоторых наиболее распространенных угольных столбов сопротивления

Марка угольного столба	Минимальная нагрузка, Г	Максимальная нагрузка, Г	Сопротивление, Ом: при минимальной нагрузке (не менее)	Сопротивление, Ом: при максимальной нагрузке (не более)	Деформация столба, мм (не более)	Максимально допустимая нагрузка на столб при испытании на прочность, кГ	Мощность рассеивания столба (испытательная), Вт	Нагрузка на столб, Г	Электрическое сопротивление, Ом (не менее)	Допустимый нагрев столба, °С (не более)
	В холодном состоянии					**В горячем состоянии**				
СУ-8	5	5000	—	0,28	0,38	10	60	5	30	250
СУ-11	8,5	850	30	1	0,25	7	60	10	14	250
СУ-12	8,5	850	60	2	0,25	7	60	10	24	250
СУ-17	20	1000	92	5,2	1,7	15	30	20	70	250
СУ-21	20	1000	65	5,2	1,7	15	60	20	43	250

§ 50. ИЗГОТОВЛЕНИЕ УГОЛЬНЫХ СТОЛБОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Для изготовления шайб угольных столбов используют различные марки сажи, пековый кокс и графит. В качестве связующего применяют смолопек и маслопек.

Изготовление пресс-порошков для угольных столбов принципиально ничем не отличается от изготовления пресс-порошков для полуфабриката электрощеток.

Однако метод формования и режим термообработки спрессованных заготовок имеют свои особенности.

Из приготовленных в одну или две стадии пресс-порошков прессуют не блоки, а мембраны или шайбы диаметром 50—70 мм и толщиной 0,8—2,7 мм. Прессование производят на гидравлических, механических, а также фрикционных прессах ударного действия при удельном давлении до 3000 кГ/см². Мембраны прессуют с допуском по толщине в пределах ±0,1 мм в съемных пресс-формах без обогрева. Отклонение плоскостей мембран от параллельности не должно превышать 0,05 мм.

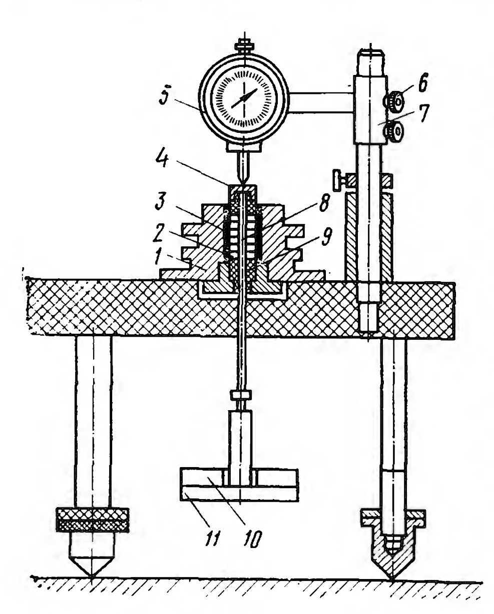


Рис. 108. Прибор для сборки столбов:
1 — металлический стакан, 2 — испытуемый столб, 3 — изолирующая трубка, 4 — верхний контакт, 5 — индикатор, 6 — стопорный винт, 7 — кронштейн с втулкой, 8 — металлическая тяга, 9 — нижний контакт, 10 — груз, 11 — тарелка для груза

Отпрессованные мембраны или шайбы припудривают тальком и складывают в стопки по 20—30 шт. Затем их помещают между двумя толстыми угольными пластинами со шлифованной поверхностью и плотно перевязывают проволокой.

Для некоторых типов столбов из прессованных сырых мембран вырубают шайбы, которые присыпают тальком и упаковывают. Обжиг проводят в коксовой засыпке в печах периодического действия при температуре до 1000° С.

Обожженные мембраны и шайбы распаковывают, а шайбы некоторых марок, рассчитанные для работы в столбах большой мощности, дополнительно графитируют в трубах. Обожженные и графитированные мембраны или шайбы разбраковывают, а затем направляют на механическую обработку и сборку столбов.

Механическая обработка мембран и шайб состоит из операции вырубки, расточки отверстий и обработки шайб по наружному диаметру. Затем шайбы разбраковывают и направляют на шлифовку в стальных оправках сразу по 4—7 шт. Шлифовку производят слабым нажатием на оправку, перемещая ее по траектории, близкой к кругу. Вначале производят грубую шлифовку на электрокорундовой шкурке, а затем — пришлифовку на более тонкой шкурке. После шлифовки первой плоскости шайбы переворачивают и шлифуют вторую плоскость.

Отшлифованные шайбы обеспыливают, продувая их воздухом, затем разбраковывают, промывают в спирте и сушат в сушильных шкафах. Просушенные шайбы направляют на операцию сборки.

Сборку столбов производят с помощью прибора (рис. 108), включенного в электрическую схему.

У многих типов угольных столбов проверяют величину электрического сопротивления в горячем состоянии путем подвода определенной мощности в течение 30 мин. Столбы некоторых типов комплектуют контактными шайбами и контактами.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных характеристиках электрических углей.
2. Что вы знаете о технологии изготовления электрических углей?
3. Какие основные характеристики электрических щеток вы знаете?
4. Расскажите об особенности технологии изготовления полуфабриката для электрощеток по одностадийному и двухстадийному процессу.
6. Расскажите об основных характеристиках и технологии изготовления угольных столбов.

ГЛАВА XI

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ УГОЛЬНО-ГРАФИТНЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ И КОНСТРУКЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 51. ХАРАКТЕРИСТИКА И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ

Контакты служат для выключения или разрыва электрических цепей самой различной мощности.

Для успешной работы электрические контакты должны удовлетворять следующим требованиям: иметь высокую теплоэлектропроводность, высокую механическую прочность при обычной и повышенной температуре, хорошо обрабатываться и припаиваться к токопроводящим деталям, обладать тугоплавкостью и коррозионной стойкостью, высокой электроэррозионной устойчивостью, стабильными рабочими свойствами, не иметь склонности к обгоранию, свариванию, прилипанию.

Для обеспечения таких разнообразных свойств электрические контакты изготовляют из разного рода смесей порошков металлов или их сплавов с добавкой неметаллических компонентов, а также из чисто углеродистых материалов.

Основные свойства электрометаллокерамических контактов приведены в табл. 24.

Электрометаллокерамические контакты изготовляют в основном двумя способами:

1) твердофазным спеканием (наиболее распространенный метод получения);

2) жидкофазным спеканием (пропиткой).

Кроме того, их получают путем высадки из металлокерамической проволоки или штамповкой из полос.

Форма и размеры электрических контактов должны соответствовать ГОСТ 3884—67 и ГОСТ 13333—67.

Таблица 24

Свойства электрометаллокерамических контактов

Марка	Композиция	Плотность, г/см³	Удельное электрическое сопротивление, Ом·см·10^{-4} (не более)	Твердость по Бринеллю
КМК-А10м	Серебро — окись кадмия	$9,7^{+0,20}_{-0,10}$	0,028	80—105
КМК-А20м	Серебро — окись меди	9,6±0,20	0,024	55—65
КМК-А30м	Серебро — никель	9,7±0,20	0,030	65—85
КМК-А31м	Серебро — никель	$9,5^{+0,30}_{-0,20}$	0,035	80—110
КМК-А32	Серебро — никель — графит	8,7±0,20	0,035	45—65
КМК-А40	Серебро — графит	8,5±0,20	0,030	25—40
КМК-А50	Серебро — никель — кадмий	9,6±0,20	0,070	50—70
КМК-Б10	Медь — графит	7,0±0,3	0,040	25—35
КМК-Б11	Медь — графит	6,5±0,30	0,050	15—30
СГ-1Н	Серебро — графит — сажа	6,7±0,3	12,0	—
СГ-3	Серебро — графит	7,2±0,2	0,[illegible]	—
СНГ-88	Серебро — никель — графит	7,0±0,2	0,03—0,1	5—20Нф*
КМК-Б20	Медь — вольфрам — никель	12,1±0,30	0,060	120—150
КМК-Б21	Медь — вольфрам — никель	13,8±0,6	0,070	170—200
МГ	Медь — графит	5,3	0,03—0,12	4—14Нф*
МГС	Медь — графит — свинец	6,6	0,01—0,2	6—20
МГСО	Медь — графит — свинец — олово	6,0	0,1—0,3	6—20

* Нф — твердость по ВНИИЭИ.

Конфигурация нерабочей стороны контактов зависит от способа их крепления к контактодержателю и может быть плоской, со сферическим или цилиндрическим наплывом, без фиксирующего или с фиксирующим одним или двумя коническими шипами.

§ 52. ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ КОНТАКТЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ТВЕРДОФАЗНЫМ СПЕКАНИЕМ

Контакты марки КМК-А10 и КМК-А10М. Контакты КМК-А10 и КМК-А10М композиции серебро — окись кадмия (рис. 109) используют при повышенных токовых нагрузках и умеренных контактных нажатиях от 0,15 до 1 кг.

Промышленность выпускает контакты марки КМКА-10 с обычной структурой и марки КМК-10М с мелкодисперсной структурой; последние находят все большее применение вследствие своей повышенной износостойкости.

Принципиально технология изготовления контактов КМКА-10 (рис. 110, *а*) не отличается от технологии контактов КМКА-10М за исключением начальной стадии — получения пресс-порошка, поэтому рассмотрим более прогрессивную технологию производства контактов КМКА-10М (см. рис. 110, *б*) с мелкодисперсной структурой.

В качестве исходных сырьевых материалов для изготовления контактов служат гранулированный порошок, представляющий собой смесь серебра и окиси кадмия, а для подслоя — чисто серебряный порошок марки ПС-2.

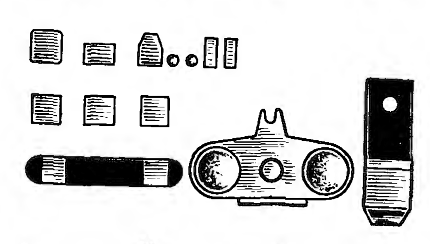


Рис. 109. Металлокерамические контакты, изготовленные твердофазным спеканием

Для получения гранулированного порошка смешивают в заданном соотношении раствор азотнокислого серебра и кадмия. Раствор обрабатывают едким натром. Полученный нестойкий осадок гидроокиси серебра и гидроокиси кадмия отфильтровывают, сушат, смешивают с 3%-ным водным раствором поливинилового спирта (см. § 15) до получения увлажненной массы и протирают на грануляторе через сито 045. Гранулы прокаливают в электрической печи в обычной атмосфере при 800° С. При таком окислительном обжиге получают гранулы, содержащие чистое серебро 85% и окись кадмия 15%, которые и являются исходным пресс-порошком.

Прессование контактов производят на роторных или других приспособленных для этой цели прессах при удельном давлении 4 Т/см^2 (4 Н/м^2). В один дозатор засыпают гранулированную смесь серебра и окиси кадмия, а в другой для подслоя — серебряный порошок. По таблице подбирают навески порошков основного и подслоя.

Отпрессованные контакты, свободные от сколов, трещин и расслоев, спекают в электрической печи при 900° С в течение 1 ч в засыпке из электрокорунда, а затем допрессовывают при удельном давлении 8 Т/см^2 (8 Н/м^2) с последующим окислительным отжигом в электрической печи при 450° С в течение 30 мин в среде воздуха.

Контакты марки КМК-А20 и КМК-А20М. Контакты композиции серебро — окись меди используют при высоких токовых нагрузках и кратковременных повторных нагрузках, так как они по износоустойчивости и сопротивлению привариванию превосходят контакты композиции серебро — окись кадмия.

Исходным сырьем для получения контактов КМКА-20М с мелкодисперсной структурой служит гранулированный порошок из серебра и окиси меди. Технология изготовления рассматриваемых контактов аналогична технологии контактов КМКА-10М.

Контакты марки КМК-А30, КМК-А30М, КМК-А31 и КМК-А31М. Контакты композиции серебро — никель используют в различных

приборах постоянного и переменного тока при умеренных нагрузках. Они не нуждаются в специальном подслое.

Изготовление контактов марки КМК-А30 и КМК-А31 с обычной микроструктурой производят непосредственно из порошков серебра и никеля.

В настоящее время вместо контактов КМК-А30 и КМК-А31 начинают находить все большее применение контакты марок

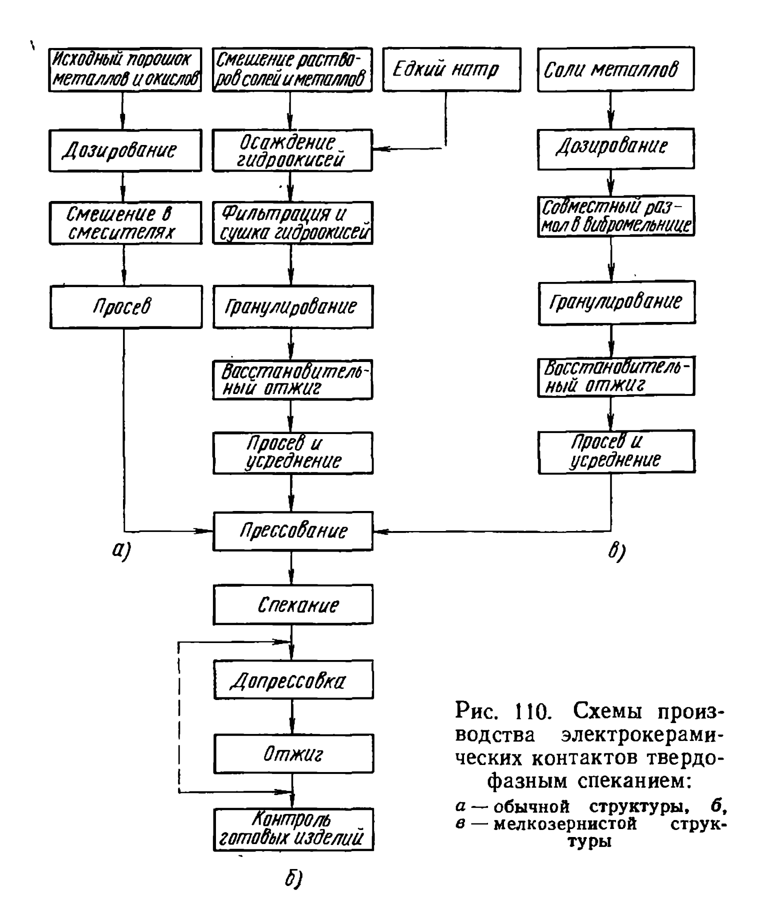


Рис. 110. Схемы производства электрокерамических контактов твердофазным спеканием:
а — обычной структуры, *б*, *в* — мелкозернистой структуры

КМК-А30М и КМК-А31М с мелкозернистой структурой (рис. 110, *в*).

В качестве исходных сырьевых материалов для этих контактов используют углекислое серебро и углекислый никель, которые загружают в вибрационную мельницу и подвергают совместному размолу в течение 30 мин. Количество компонентов должно быть взято с таким расчетом, чтобы в контактах марки КМК-А30М содержание серебра было 70%, в контактах КМК-А31М — 60%, остальное никель.

Шихту после вибропомола гранулируют с 3%-ным раствором поливинилового спирта, а гранулы подвергают восстановительному отжигу в стальных лодочках в электрической печи при температуре 460—500° С в течение 2 ч.

Из полученного, таким образом, пресс-порошка прессуют при удельном давлении 2 Т/см^2 (2 Н/м^2) контакты заданного размера и конфигурации.

Спрессованные контакты после контроля спекают в электрических печах в защитной водородной среде при температуре 860° С.

Спекание производят в графитовых лодочках в засыпке из электрокорунда. Спеченные заготовки для придания им необходимой плотности и твердости допрессовывают в пресс-формах на механических прессах при удельном давлении 10 Т/см^2 (10 Н/м^2), а затем отжигают в электрической печи при температуре 450—500° С в среде водорода.

Контакты марки КМК-А32, СНГ-88. Контакты композиции серебро — никель — графит, обладающие повышенной дугостойкостью и сопротивлением привариванию, используют как дугогасящие в автоматических выключателях (КМК-32), а также в качестве скользящих (СНГ-88) для точных измерительных приборов, тахогенераторах и т. д.

Контакты марки КМК-А32 изготовляют с подслоем из серебра, а контакты СНГ-88 — без подслоя. В качестве исходных сырьевых материалов служат серебряный порошок, никелевый, а также различные виды графита.

Технологический процесс производства этих контактов аналогичен технологии контактов композиции серебро-никель, однако контакты СГН-88 допрессовке и отжигу не подвергают.

Контакты марки КМК-А40, СГ-1Н, СГ-3. Контакты этих марок представляют собой двухкомпонентную композицию — серебро — графит, технология изготовления которых, кроме контактов СГ-1Н, аналогична изготовлению контактов композиции серебро — никель — графит.

Контакты марки СГ-1Н получают путем смешения порошков серебра, природного графита, сажи с жидким каменноугольным связующим по технологической схеме металлографитных щеток (см. рис. 105).

Контакты марки КМК-Б10, КМК-Б11, МГ, МГС и МГСО. Контакты композиции медь — графит используют во всех случаях, где требуется высокое сопротивление привариванию при больших токовых нагрузках (токи короткого замыкания 30—100 кА).

Их изготовляют без подслоя, с подслоем и трехслойными с промежуточным слоем.

В качестве исходных сырьевых материалов для контактов КМК-Б10 и КМК-Б11 служат медный электролитический порошок марки ПМС-1 или ПМС-2, а также искусственный графит (электродный из нефтяного кокса). Использование электродного графита улучшает дугостойкость контактов.

Для изготовления контактов МГ, МГС и МГСО применяют природный тайгинский графит.

В контактах марки МГС добавляется свинцовый глет, а в контактах марки МГСО — еще и оловянный порошок. (см. § 48).

Исходные порошковые материалы перемешивают в смесителях с последующим прессованием и спеканием.

В качестве защитной среды при спекании контактов МКМ-Б10 и КМК-Б11 служит водород, а контакты МГ, МГС и МГС0 спекают в коксовой засыпке или засыпке из активированного угля.

Технология изготовления двухслойных контактов КМК-Б10 имеет следующие особенности. При прессовании вначале в матрицу пресс-формы засыпают навеску чисто медного порошка (подслоя), затем после его разравнивания навеску пресс-порошка, содержащего 3% графита и 97% медного порошка, после чего спрессовывают всю засыпку.

При прессовании трехслойных контактов КМК-Б11 в матрицу пресс-формы последовательно загружают медный порошок (подслой), навеску пресс-порошка с содержанием 3% графита, остальное медь и после этого навеску пресс-порошка, содержащего 5% графита и 95% меди. Затем все три слоя спрессовывают.

После спекания указанных контактов вследствие неодинаковых усадок они имеют небольшое коробление и поэтому их подвергают рихтовке в пресс-форме при удельном давлении 0,5 Т/см². На стороне подслоя наносят отличительную метку.

Готовые контакты проверяют и направляют на склад.

§ 53. ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ КОНТАКТЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРОПИТКОЙ

Контакты композиции медь — вольфрам — никель (рис. 111) применяют в мощных масляных и воздушных высоковольтных выключателях, контакторах и аппаратах стыковой сварки, мощных масляных выключателях дуговых электропечей.

Порошок вольфрамо-никелевого сплава марки ВН-5 тщательно смешивают с медным порошком в различных соотношениях в шаровой мельнице в течение 4 ч. После этого на прессах при удельном давлении 5—6 Т/см² (5—6 Н/м²) прессуют заготовки различной формы и размеров, называемые облицовками. Облицовки подвергают восстановительному отжигу в электрической печи в среде водорода при температуре 920—1000° С.

Следующей операцией является пропитка облицовок медью. С этой целью из медного порошка прессуют (или нарезают их из литой меди) брикеты определенного размера и массы. Затем медно-вольфрамо-никелевые заготовки устанавливают в отверстия, высверленные в графитовом блоке (или в лодочки с засыпкой), и на них укладывают медные брикеты. Графитовые блоки помещают в электрическую печь. Процесс пропитки ведут при температуре нагрева 1200° С, в течение 1—2 ч (в зависимости от размера контакта) в среде водорода. При нагреве медь плавится и под действием

капиллярных сил впитывается в поры медно-вольфрамо-никелевых облицовок.

При недостаточно хорошей пропитке процесс пропитки повторяют.

Пропитанные облицовки при отсутствии раковин, трещин, других дефектов направляют на фрезеровку, токарную и другую механическую обработку.

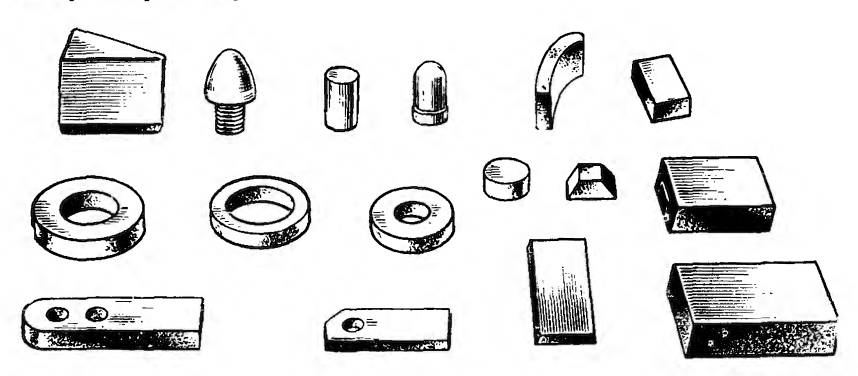


Рис. 111. Металлокерамические контакты, изготовленные пропиткой

§ 54. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Металлокерамические постоянные магниты используют в измерительных приборах, счетчиках, гальванометрах, реле, репродукторах, телефонных аппаратах, электроннолучевых трубках, электрических машинах.

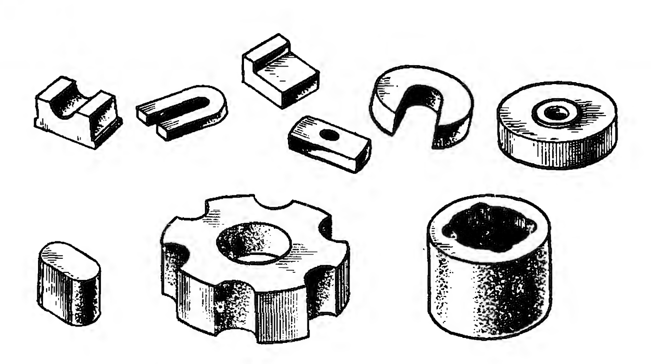


Рис. 112. Металлокерамические постоянные магниты

Форма и размеры металлокерамических магнитов могут быть самыми разнообразными (рис. 112).

Свойства металлокерамических постоянных магнитов должны соответствовать ГОСТ 13596—68 (табл. 25) и ТУ 16586106—69.

Таблица 25

Магнитные свойства некоторых видов постоянных магнитов

Марка магнита	Плотность, г/см³	Остаточная индукция, Вб/м² *, (не менее)	Коэрцитивная сила, кА/м (не менее)	Удельная максимальная магнитная энергия, Дж/м³ (не менее)
ММК4	6,8	0,55	40	4 500
ММК7	7,0	0,95	44	10 500
ММК5	6,8	0,60	44	4 700
ФБИ-1	4,4	0,37	130	11 000

* Примечание: Вебер (Вб) является единицей магнитного потока в системе СИ 1 Вб=1 (тл)·(1 м²).

Магниты марки ММК4, ММК5 (альнико). Состав магнитов ММК4 следующий: 54,5% Fe, 10% Al, 17% Ni, 12,5% Co, 6% Cu. Состав магнитов ММК5 отличается наличием добавок за счет уменьшения содержания железа, 0,5% Zr и 0,3% Ti.

Получают магниты следующим образом. Исходные порошки никеля, кобальта, меди, железа (вихревого помола) и порошки ферротитановой, железо-алюминиевой, ферроалюмоциркониевой лигатур, полученные после дробления, размола и просева, загружают в четырехсекционный смеситель (рис. 113, *а*). Туда же добавляют 0,5—0,6% стеарата цинка, который улучшает прессуемость порошков. Перемешивание продолжается 4 ч.

Смесь хранят не больше 10 суток в таре. Из полученной смеси прессуют заготовки при удельном давлении 10 Т/см² (10 Н/м²) на механических или гидравлических прессах-полуавтоматах.

Размеры и масса отпрессованных заготовок должны соответствовать технологической карте. Бракованные заготовки снова размалывают, а порошки направляют на перепрессовку.

Спекание заготовок производят в электрической печи при температуре порядка 1300° С с выдержкой 3 ч в среде очищенного и осушенного водорода в стальных или из нержавеющей стали лодочках. Для улучшения свойств и предохранения магнитов от сплавления или сваривания между собой их пересыпают засыпкой из смеси порошка — альни и двуокиси титана.

Тщательная упаковка при спекании магнитов обязательна. Спеченные магниты контролируют по внешнему виду, геометрическим размерам, магнитным свойствам, по структуре на изломе. На поверхности магнитов не допускается наличия трещин, раковин, цветов побежалости. Структура магнитов на изломе должна быть мелкозернистой, серебристого цвета. Спеченные магниты подвергают механической обработке.

После шлифовки магниты размагничивают многократным введением в катушку, через которую пропускают переменный ток, после чего их подвергают разбраковке по магнитным свойствам.

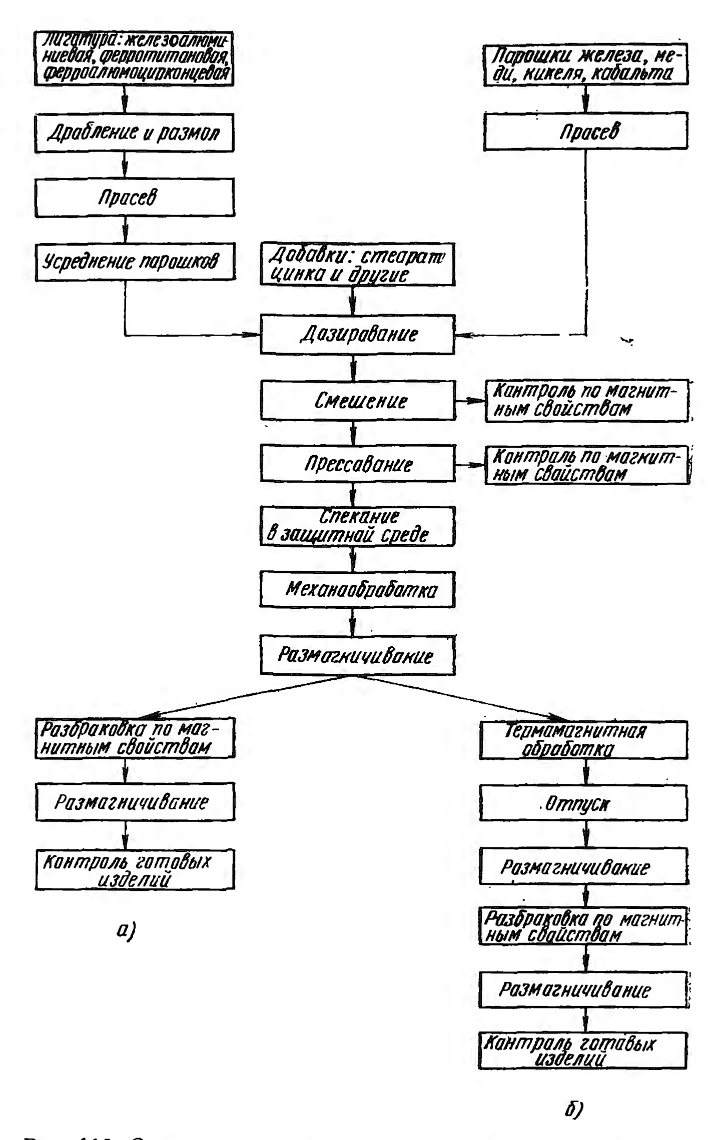


Рис. 113. Схема изготовления постоянных магнитов марок: *а* — ММК4, ММК5 (альнико), *б* — ММК7 (магинко)

После разбраковки магниты снова размагничивают и направляют заказчику.

Магниты марки ММК7 (магнико). Состав магнитов ММК7 следующий: 49% Fe; 8% Al; 15% Ni; 24% Co; 3% Cu и 1% Ti.

В качестве исходных сырьевых материалов при изготовлении магнитов ММК7 применяют порошки железа вихревого помола, никеля, кобальта, меди, а также порошки железо-алюминиевой и ферротитановой лигатуры.

Технологический процесс изготовления магнитов марки ММК7 ничем практически не отличается от процесса получения магнитов марок ММК4 и ММК5. Однако для обеспечения высокого уровня магнитных свойств магниты марки ММК7 после операции механической обработки подвергают текстуровке путем специальной термической обработки и одновременного наложения магнитного поля с последующим отпуском (рис. 113, *б*). Такую термомагнитную обработку-закалку производят следующим образом. Магниты укладывают в коробку из никелевой ленты с учетом направления намагничивающего поля, помещают в электрическую печь, нагретую до 1300° С, и выдерживают в ней при этой температуре 20 мин. Затем их вынимают из печи, быстро помещают между башмаками электромагнита с напряжением поля не меньше 1300 Э, закрывают со всех сторон асбестом, выдерживают в магнитном поле до охлаждения 500° С, а потом вынимают и охлаждают до комнатной температуры. После этого магниты в тех же коробках или лодочках помещают для отпуска на 6—10 ч в электрическую печь, нагретую до 590—600° С, затем охлаждают и направляют на операцию размагничивания.

Существует другой способ термомагнитной обработки спеченных магнитов. Он состоит в изотермической закалке магнитов с последующим охлаждением в свинцовой ванне, имеющей температуру 800—850° С, с выдержкой при этой температуре и одновременным наложением магнитного поля. После изотермической выдержки магниты охлаждают на воздухе и затем подвергают отпуску.

Магниты из бариевого феррита марки ФБИ-1. Эти магниты применяют в динамических репродукторах, магнитных линзах для фокусировки электронных лучей, отклоняющих системах электронно-лучевых трубок и т. д. Благодаря высокому значению коэрцитивной силы такие магниты устойчивы против размагничивающегося действия внешних магнитных полей, а также обладают высоким электрическим удельным сопротивлением и по сравнению с другими небольшой плотностью. Магниты изготовляют следующим образом. Исходные порошки окиси железа, азотно-кислого или углекислого бария просеивают через крупную сетку, затем загружают в вибромельницу М-200 в соотношении 76% окиси железа и 24% азотнокислого бария и подвергают размолу в течение 30 мин.

Размолотую шихту помещают в карборундовые лодочки и отжигают в электрической печи в воздушной среде при максимальной температуре в средней зоне 1060° С.

В процессе отжига происходит разложение азотнокислого бария и взаимная диффузия компонентов этой системы с образованием феррита бария черного или сероватого цвета; наличие порошка коричневого цвета свидетельствует о том, что реакция полностью не прошла и обжиг следует повторить. При обжиге следует избегать значительного роста зерен феррита бария. После охлаждения проверяют содержание окиси бария, которого должно быть 14—16%.

Полученный порошок феррита бария размалывают в вибромельнице с 1% каолина, туда же добавляют от 5 до 10% отходов брака этих магнитов; время размола 40—80 мин. Тонина размола смеси должна соответствовать остатку на сетке 0063 не более 0,7%. После операции размола приготовляют пресс-порошок путем гранулирования феррита бария, используя в качестве клеящей добавки поливиниловый спирт. В результате получают гранулированный пресс-порошок феррита бария высокой однородности с насыпной плотностью 1,46—1,7 г/см³.

Перед прессованием грунулированный пресс-порошок подсушивают, выдерживая его на воздухе в течение 12—24 ч.

Прессование магнитов производят на гидравлических прессах или прессах-автоматах при удельном давлении 1,2—Т/см² (1,2—2 Н/м²).

Отпрессованные магниты спекают в электрической печи в воздушной среде при температуре 1120° С с выдержкой при этой температуре в течение 2 ч. Общая продолжительность спекания составляет около 25—30 ч.

Годные по размерам после спекания магниты подвергают механической обработке — шлифованию.

После механической обработки магниты размагничивают путем нагрева в электрической печи в воздушной среде до 600° С и выдержке при этой температуре в течение 30 мин. Магниты после размагничивания проверяют на соответствие ТУ, затем упаковывают и направляют потребителю.

§ 55. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ АНТИФРИКЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Металлокерамические изделия выпускают в виде бронзо-графитных или железо-графитных вкладышей, подшипников, втулок, подпятников и других и используют в электродвигателях, швейных и стиральных машинах, электропроигрывателях, стартерах, электробытовых приборах, автомобилях и там, где требуется обеспечить длительную работу без дополнительной смазки.

Вкладыши могут быть различных размеров и формы (рис. 114). В табл. 26 приводятся физико-механические свойства железо-графитных и бронзо-графитных вкладышей.

Железо-графитные вкладыши марок Жгр1 и Жгр3. При изготовлении вкладышей Жгр1 смешивают 99% железного порошка с 1% природного графита, а вкладышей Жгр3 — 97% железного порошка и 3% коллоидного графита С-2. Для лучшей прессуемости

и износостойкости в композицию добавляют 1% (считая на всю навеску) стеарата цинка.

Из полученной смеси прессуют заготовки при удельном давлении 4—4,5 Т/см² (4—4,5 Н/м²) и после контроля направляют их на спекание. Спекание производят в засыпке из активированного угля в среде водорода при температуре 1060—1080°С и выдержке при этой температуре в течение 1 ч. При таком режиме спекания полу-

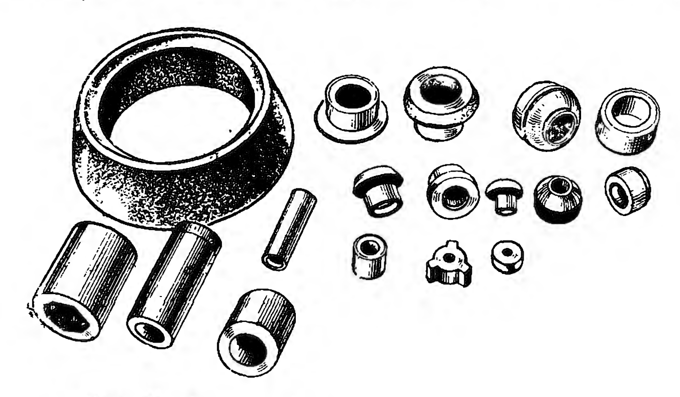


Рис. 114. Металлокерамические антифрикционные изделия

Таблица 26

Физико-механические свойства металлокерамических вкладышей

Наименование показателей	Вкладыши	
	железографитные	бронзографитные
Кажущаяся плотность, г/см³	4,5—6,5	5,6
Твердость по Бринеллю	30—65	25—50
Предел прочности, кГ/мм²:		
при растяжеиии	12—20	7—15
при сжатии	40—35	1,5—3
Ударная вязкость, кГ/см²	0,4—0,8	0,4—0,6
Масловпитываемость, %	3—6	1,5—3
Коэффициент трения по стали:		
без дополнительиой смазки	0,04—0,16	0,02—0,14
с дополнительной смазкой	0,006—0,02	0,002—0,004

чают материал вкладыша с перлитной структурой. После спекания заготовки пропитывают в нагретом турбинном масле и затем направляют на калибровку.

Калибровку производят с целью получения изделий с высокой точностью по внутреннему диаметру. Обычно сопряжение между валом и вкладышем должно выполняться по ходовой посадке или посадке движения 2-го класса точности. Однако калибровка способствует также упрочнению поверхностного слоя втулок и повышает их износостойкость в 2—2,5 раза.

Бронзо-графитные изделия. Для изготовления антифрикционных бронзо-графитных изделий марок Бгр4, В смешивают 86% медного электролитического порошка, 4% графита и 10% оловянного порошка.

При получении некоторых типов изделий вводят присадку свинцового порошка, а для лучшей прессуемости добавляют около 0,2% стеарата цинка. После смешения исходных порошков в смесителях их прессуют в заготовки при удельном давлении 2—2,5 Т/см² (2—2,5 Н/м²). Отличительная особенность изготовления бронзо-графитных изделий состоит в том, что втулки типа В подвергают спеканию в коксовой засыпке при температуре 680—750° С; продолжительность спекания 1—2 ч. Спеченные изделия пропитывают маслом, калибруют и подвергают механической обработке (фрезеровке, обточке и т. д.).

В ряде случаев калибровка предшествует пропитке. В качестве пропитывающих веществ для уменьшения износа используют также соединения, содержащие фосфор.

§ 56. ИЗГОТОВЛЕНИЕ УГОЛЬНО-ГРАФИТНЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Угольно-графитные изделия применяют в качестве уплотнений трущихся деталей в различных машинах и аппаратах.

Они работают в разнообразных условиях при наличии или отсутствии смазки, в условиях полусухого трения, в агрессивных средах.

Угольно-графитные антифрикционные изделия получают путем смешения порошков кокса, графита, сажи со связующим — каменноугольным пеком и последующего прессования заготовок требуемого размера. Спрессованные заготовки в виде плит, колец, сегментов обжигают в печах в коксовой засыпке. Полученный полуфабрикат с зольностью порядка 1,5—2,5% подвергают механической обработке. При изготовлении используются одностадийная и двухстадийная схемы производства (см. рис. 102, 104).

Для создания более плотной структуры и высокой механической прочности заготовки подвергают одно- или многократной пропитке пеком с последующим обжигом. В некоторых случаях, когда необходимо получить изделия с низким содержанием золы и высокой химической стойкостью, заготовки после обжига графитируют.

Некоторые марки полуфабриката после механической обработки (для придания им водо- и газоплотности) дополнительно пропитывают искусственными смолами.

Уплотнительный антифрикционный материал 2П-1000 и Г2П, а также уплотнительные графитированные кольца марки Э-46 получают по двухстадийному технологическому процессу.

Антифрикционный материал УГ-20 изготовляют по одностадийной схеме производства на основе коксующегося ископаемого угля с зольностью — 2—3%.

Антифрикционный материал АПГ-1 представляет собой угле пластик на основе карбонизованной ткани из кордного волокна. Карбонизованную ткань пропитывают бакелитовым лаком, сушат, а затем прессуют на этажных прессах в плиты размером 800×1200 мм толщиной 8—40 мм. Антифрикционный материал АПГ-1 может применяться для подшипников прокатных станов, уплотнений, направляющих металлорежущих станков, а также, как антикоррозийный материал в химическом машиностроении.

В табл. 27 приведены физико-механические характеристики угольно-графитных антифрикционных материалов 2П-1000, УГ-20, АПГ-1.

Таблица 27

Физико-механические свойства угольно-графитных антифрикционных материалов

Наименование	Композиция	Пористость, %	Зольность, %	Твердость, кГ/мм²	Предел прочности при сжатии, кГ/см²	Предел прочности при изгибе, кГ/см²	Модуль упругости, кГ/м²	Проницаемость для жидкостей и газов	Кажущаяся плотность, г/см³
2П-1000	Нефтяной кокс — графит — связующее	17,0	0,15	80	1900	500	1200	Проницаем	1,6
УГ-20	Коксующийся уголь — графит — нефтяной кокс	0,4	0,11	260	1800	700	2400	Непроницаем	1,7
АПГ-1*	Карбонизованная ткань — графит — фенолформальдегидная смола	0,4	0,2	—	2000—3000	1500	2800	Непроницаем	1,5

* Примечание: материал АПГ-1 анизатропен; показатели приведены перпендикулярно слоям карбонизованной ткани.

§ 57. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Конструкционные металлокерамические изделия изготовляют на основе железа в виде шестерен, болтов, накладок и др.

Процесс производства конструкционных металлокерамических изделий начинается с того, что смешивают 75% железного порошка марок ПЖ1М3, ПЖ2М3 и 25% стеарата цинка и получают смесь *А* в количестве 3—5 кг. Затем берут 96% железного порошка, 4% смеси *А* и смешивают в двухконусном смесителе в течение 1 ч. Такое двухстадийное введение в рецептуру стеарата цинка обеспечивает его однородное распределение в массе железного порошка. В остальном технологический процесс производства конструкционных изделий не отличается от технологии изготовления антифрикционных бронзо-графитных и железо-графитных изделий.

Металлокерамические контактодержатели и стойки изготовляют на основе медного порошка, в который добавляют 0,5% стеарата цинка.

При прессовании заготовок контактодержателей для обеспечения равноплотности изделий используют металлические равнялки со специальными уступами. Отпрессованные заготовки упаковывают в графитовые лодочки в засыпке из прокаленного глинозема и спекают в электрической печи при температуре 1030° С в среде водорода. Спеченные изделия калибруют при усилии, примерно, вдвое выше усилия прессования, а затем некоторые из них отжигают при температуре 450° С.

Одним из видов металлокерамических конструкционных изделий являются латунные башмаки (рис. 115) для крепления неподвижных контактов в пускателях. Для их изготовления используется медноцинковая лигатура с содержанием меди 33—37% и цинка 63—67%, а также медный порошок.

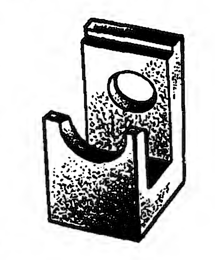


Рис. 115. Латунный башмак

Медно-цинковую лигатуру дробят, размалывают в порошок. Просеянный порошок смешивают с медным. Количество медного порошка определяют путем расчета.

Перед прессованием в смесь вводят до 0,7% стеарата цинка или стеарата лития.

После спекания башмаки рихтуют с целью обеспечения параллельности полок, а затем подвергают механической обработке — сверлению отверстий, зачистке заусенцев. Готовые изделия контролируют по физико-механическим показателям и по геометрическим размерам.

§ 58. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АНОДОВ, МИКРОФОННЫХ ПОРОШКОВ, ГИБКИХ НИТЕЙ, ШНУРОВ И ЛЕНТ

Аноды. Фасонные и цилиндрические аноды применяют в высоковакуумных генераторных лампах средней мощности, ртутных выпрямителях, а также в других электровакуумных газоразрядных выпрямителях.

Полуфабрикат для анодов изготовляют по одностадийной технологии. В качестве исходного сырья служат хорошо графитирующийся нефтяной прокаленный крекинговый или пековый кокс, в качестве связующего — смолопек.

Исходные порошки коксов смешивают со связующим, а из полученной смеси готовят пресс-порошки. Для анодов прессуют блоки размером 160×215×55 мм, которые обжигают и затем графитируют. Графитированные блоки не должны содержать золы больше 0,14%, кальция не выше 0,03%, серы не более 0,05%. Предел прочности на изгиб анодов должен быть 120—140 кГ/см².

Фасонные, цилиндрические аноды и сетки получают из блоков путем механической обработки. Порядок операций зависит от формы и размера анода.

Микрофонные порошки. Микрофонные порошки изготовляют из малозольного антрацита марки АК, который подвергают термиче-

ской обработке с последующим дроблением и рассевом измельченного материала на определенные фракции. С помощью дополнительной обработки порошки очищают от нежелательных примесей. Содержание зольных примесей в микрофонных порошках не превышает 2%, а железа — 0,3%. В зависимости от размера зерен и электроакустических свойств микрофонные порошки выпускают следующих марок: КВ-40, КВ-75, СВ-150, СВ-350, СВ-500, МВ-170, МВ-250.

Гибкие нити, шнуры и ленты. Технология получения гибких токопроводящих нитей, шнуров, лент, а также войлока слагается из следующих операций.

Исходное сырье в виде кордных вискозных волокон, лент или тканей пропитывают специальными пропиточными растворами, а затем сушат. Просушенный материал подвергают карбонизации путем термической обработки в печах в газовой защитной атмосфере. Температура обработки зависит от требований, которые предъявляют к таким материалам. В результате термообработки вискозный материал дает усадку, но приобретает внешний вид, соответствующий текстуре исходных волокон или ткани, сохраняя при этом гибкость и достаточно высокую прочность.

Карбонизованные гибкие нити, ленты, шнуры, ткань, войлок содержат углерода 70—80% и используются в дальнейшем по назначению.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о технологии изготовления электрокерамических контактов, получаемых твердофазным спеканием.
2. Каковы особенности технологии электрокерамических контактов, получаемых пропиткой?
3. Какими отличительными свойствами обладают металлокерамические постоянные магниты?
4. Как изготовляют магниты марок ММК-4 и ММК-5?
5. Каковы особенности производства магнитов ММК-7?
6. Расскажите о производстве магнитов ФБИ-1.
7. Как изготовляют вкладыши на основе железо-графита и бронзо-графита?
8. Как получают антифрикционные угольно-графитные изделия?
9. Какова технология изготовления конструкционных металлокерамических изделий?

ГЛАВА XII
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 59. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Система контроля качества готовой продукции построена таким образом, что полностью охватывает все участки производственного процесса изготовления электроугольных изделий, начиная от входного контроля сырья и кончая складом готовой продукции.

Большую роль играет применение средств автоматического контроля, позволяющих дать более объективную и надежную оценку качества выпускаемых изделий.

Развитие системы бездефектной сдачи продукции с первого предъявления, материальное поощрение за отличное качество продукции, введение личного клейма, создание служб надежности — все эти мероприятия направлены на улучшение качества электроугольных изделий, их надежности и долговечности, на уменьшение непроизводительных потерь от брака.

Контроль должен обеспечить выпуск готовой продукции в соответствии с утвержденными техническими условиями и стандартами.

Качество изделий зависит от следующих факторов:

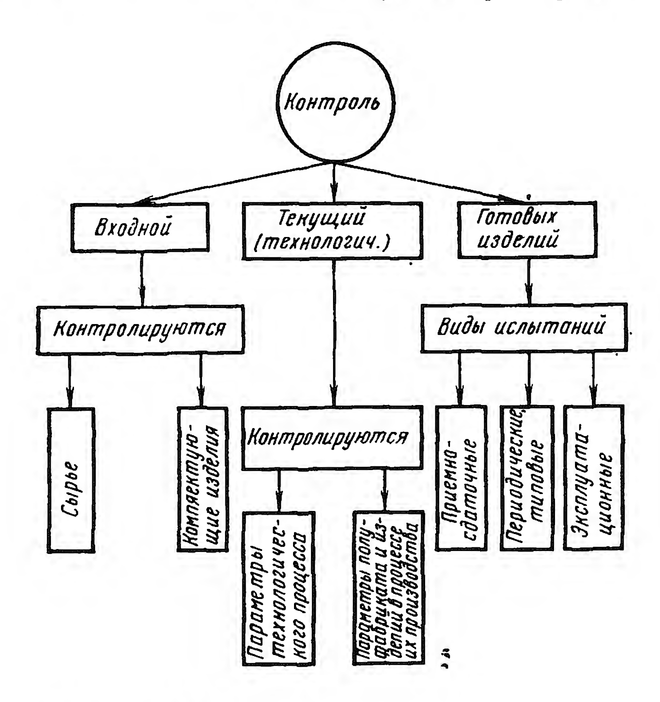


Рис. 116. Схема организации контроля производства электроугольных изделий

1) организации контроля за качеством и стабильностью поступающего сырья;

2) строгого соблюдения технологического процесса;

3) наличия эффективного контроля за процессом производства;

4) наличия высококвалифицированных и хорошо обученных кадров рабочих и обслуживающего персонала.

Существующая система контроля производства электроугольных изделий (рис. 116) состоит из входного, текущего или технологического контроля и контроля качества готовых изделий.

Входной контроль. Поступающее сырье и комплектующие изделия (провода, арматура и другие) должны иметь сопроводительный паспорт-сертификат, в котором указаны свойства и подтверждено,

что их качество соответствует техническим условиям или ГОСТу. Сырье и комплектующие изделия до поступления в производство хранят на складах и подвергают контрольной проверке.

Задача входного контроля состоит в том, чтобы не допустить поступления в производство некондиционного сырья и комплектующих изделий, так как отклонение их качества от норм, предусмотренных техническими условиями или стандартами, служит причиной брака полуфабриката и готовых изделий.

Номенклатура контролируемых параметров, а также порядок отбора проб для определения качества указаны в технологических инструкциях.

Прием сырья и комплектующих изделий осуществляет старший мастер ОТК. Сырье должно направляться в производство с сопроводительным паспортом.

Текущий или технологический контроль. Задачей текущего контроля является проверка качества перерабатываемых материалов — полуфабрикатов, а также контроль на операциях механической обработки и сборки изделий.

Текущий контроль производят по ходу технологического процесса на ведущих операциях.

Основными документами, по которым производят текущий технологический контроль, являются маршрутно-технологические карты.

В карте на получение полуфабриката указана номенклатура используемых сырьевых материалов, рецептура, порядок технологических операций, основные контрольные параметры технологического процесса (температура, время, давление, сила тока, напряжение, расход электрической энергии и т. д.), свойства, которые должен иметь полуфабрикат после каждой операции, а также контрольные точки. Кроме того, даны номера подробных инструкций на отдельные технологические операции и на методы контроля.

Текущий контроль на операциях механической обработки и сборки электроугольных изделий сводится в основном к контролю геометрических размеров внешнего вида и допусков. При изготовлении электрощеток на операциях сборки контролируют вырывное усилие и переходное сопротивление между телом щетки и токоведущими проводами, качество омеднения, пайки.

Маршрутные карты на механическую обработку и сборку изделий составлены аналогичным образом. В этих картах указан порядок операций механической обработки и сборки, приведены режимы резания, тип и марка инструмента, контролируемые размеры.

Контроль готовых изделий. Готовые изделия перед сдачей на склад подвергают контрольным испытаниям. Различают следующие виды контрольных испытаний готовых изделий:

1) приемо-сдаточные или контрольные;
2) периодические (типовые);
3) эксплуатационные.

Каждый вид указанного контроля имеет цель и назначение.

Приемо-сдаточным или контрольным испытаниям подвергают каждую изготовленную и предъявленную к приему партию готовых изделий.

В зависимости от конкретных условий и требований потребителей иногда объем приемо-сдаточных испытаний расширяют за счет включения в них испытаний (например, коллекторных), относящихся к периодическим.

Под партией для электрощеток понимают изделия в количестве не меньше 300 шт. одной марки, изготовленные по одному чертежу из полуфабриката одной заварки, соответствующего по своим качествам техническим условиям или стандартам.

При изготовлении кинопроекционных углей партией считается количество углей, одновременно предъявляемых техническому контролю, но не более 20 000 шт.

Количество характеристик, проверяемых при испытании, зависит от марки готового изделия.

Во многих видах полуфабриката и изделий определяют физико-механические характеристики, микроструктуру, химсостав, пористость. В осветительных углях проверяют яркость и скорость сгорания; в магнитах определяют магнитные свойства.

Иногда в готовых изделиях (если позволяют габариты) проверяют твердость и удельное электрическое сопротивление. Однако, как правило, эти свойства определяют в полуфабрикате — блоках, прежде чем его направляют на операцию механической обработки, а результаты испытаний прилагают к данным проверки качества изготовленных из него изделий. В периодические испытания (типовые) входит проверка всех требований технических условий или ГОСТ, по которым проведение приемо-сдаточных испытаний невозможно или нецелесообразно из-за длительности, трудоемкости, а также при освоении нового изделия, при изменении технологического процесса или замене одного вида сырья другим.

Периодические испытания проводят в определенные сроки, например, раз в месяц или квартал. Их цель — проверить устойчивость технологии и свойств выпускаемых изделий.

Эксплуатационные испытания проводят у потребителей с целью определения качества готовых изделий, их надежности и долговечности в реальных условиях работы. Часто таким испытаниям подвергают машины, установленные в заводской испытательной станции, по формированным режимам. Такие испытания называют стендовыми.

Виды контроля. Существует два вида контроля: сплошной и выборочный. При сплошном контроле испытанию подлежат все 100% изделий каждой партии.

Сплошной контроль используют для проверки геометрических размеров изделий и точности их изготовления, а иногда твердости и удельного электрического сопротивления.

При выборочном контроле проверяют только часть готовых изделий или материала, комплектующих деталей, предъявленных к сдаче или приему. Например, при приеме электрических щеток

контролируют 1—2%, но не менее 10 шт. от партии, при приеме кинопроекционных углей — 5—10 комплектов от партии.

По результатам испытаний этой части изделий или сырья, которые называют выборкой, судят о качестве всей партии.

Выборочный контроль применяют во всех случаях там, где для испытания требуется изготовление специальных образцов, которые затем разрушаются или изнашиваются, а сами испытания весьма длительны и трудоемки (например, испытания на долговечность щеток в машинах).

Для объективной оценки качества всей партии изделий на основе результатов выборочных испытаний вычисляют среднее арифметическое значение свойства в выборке ($X_{ср}$), среднее квадратическое отклонение σ, размах колебаний R, коэффициент вариации K или показатель изменчивости. Для наглядности строят столбиковые диаграммы, а также кривые распределения свойств.

Ниже приведены методы контроля некоторых наиболее важных свойств электроугольных изделий и материалов.

§ 60. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ

Физико-химические, механические и другие специальные свойства определяют по специально разработанным методикам, многие из которых стандартизированы.

Для правильной оценки механических и антифрикционных свойств, удельного электрического сопротивления, теплопроводности важную роль играет размер образцов, выбор направления измерения, свойства, а также состояние окружающей среды: влажность, температура, давление.

Контроль общей пористости. Общая пористость является суммой открытой и закрытой пористости и определяется по формуле

$$П=\left(1-\frac{D_к}{D_и}\right)\cdot 100,$$

где $П$ — общая пористость, %; $D_к$ — кажущаяся плотность пористого образца, г/см^3; $D_и$ — истинная плотность образца, г/см^3.

Кажущуюся плотность вычисляют по формуле

$$D_к=\frac{G}{V},$$

где G — масса образца, г; V — объем образца, см^3.

Чтобы найти объем образца, из блока вырезают параллелепипед, с помощью штангенциркуля или микрометра измеряют длину, ширину и высоту образца и простым перемножением вычисляют его геометрический объем. Разделив массу на объем, получают кажущуюся плотность образца. Например, масса образца 12,8 г, объем его 8 см^3, кажущаяся плотность $D_к=12{,}8:8=1{,}6$ г/см^3.

Если образец имеет более сложную форму, то объем определяют путем гидростатического взвешивания. Перед такой операцией поры образца заполняют парафином.

Истинную плотность (ее иногда называют пикнометрической) определяют следующим образом. Образец измельчают в порошок и помещают в пикнометр (сосуд с точным объемом). В пикнометр заливают бензол или воду с добавкой поверхностно-активного вещества (ПАВ). Когда бензол вытеснит воздух, находящийся в порошке, что видно по уменьшению уровня жидкости, доливают еще бензол до отметки. После этого пикнометр вместе с порошком и бензолом взвешивают. Зная объем и массу пустого пикнометра, вес бензола, заполнившего пикнометр, массу порошка, плотность бензола, вычисляют истинную плотность образца.

Пример. Вычислить общую пористость образца анодов, если известно, что кажущаяся плотность $D_к = 1{,}55$ г/см³, а истинная $D_и = 2{,}1$ г/см³.

Решение.

$$П = \left(1 - \frac{1{,}55}{2{,}1}\right) \cdot 100 = 28{,}2\%.$$

Размер пор в электроугольных изделиях определяют методом ртутной порометрии.

Содержание зольных примесей. Содержание зольных примесей в обожженных или графитированных изделиях определяют сжиганием при 850—900° С в муфеле измельченной навески образца в предварительно прокаленной до постоянного веса фарфоровой лодочке.

Примеси в особо чистых углеродистых материалах, а также примеси бора находят с помощью спектрального анализа.

Содержание пропитывающего вещества. Чтобы проверить, сколько пропитывающего вещества содержится в электрощетках, применяют метод прокаливания, а также спектральный анализ.

Контроль твердости. Твердость электрощеток контролируют на приборах ТКС-1 и ТК-2 (типа Роквелла).

О твердости на приборе (рис. 117) судят по глубине отпечатка шарика *К* под действием прилагаемой нагрузки — предварительной и полной. Прибор снабжен державкой *1* (рис. 118), в которую зажимается стальной шарик ∅ 7,94 или 12,30 мм, индикатором с двумя стрелками, рычажной си-

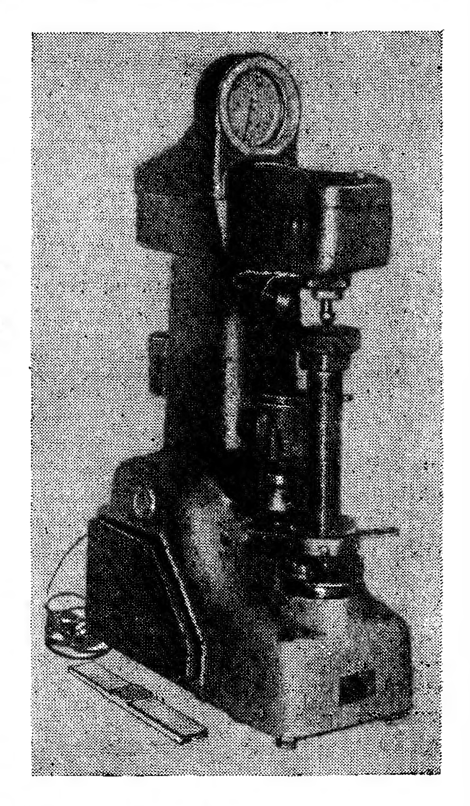


Рис. 117. Прибор для контроля твердости типа ТК

стемой, масляным успокоителем, винтом со штурвалом для подъема изделия.

Выбор диаметра шарика и величины предварительной и полной нагрузки зависит от группы марок щеток и указан в ГОСТ 9506—65.

В настоящее время для контроля твердости применяют автомат ТРА1. Он состоит из усовершенствованного прибора измерения твердости ТК-2, механизма подачи заготовок на измерительный стол, узла дистанционного съема показаний кассеты, механизма разбраковки со счетно-запоминающим и суммирующим устройствами. Автомат измеряет твердость заготовок, уложенных в кассету, и автоматически отсортировывает изделия с повышенной или пониженной твердостью. Производительность автомата составляет 200 измерений в час.

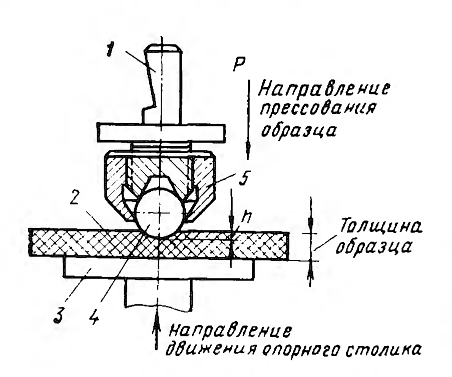


Рис. 118. Схема испытания твердости по ГОСТ 9506—65 на приборе ТК:

1 — державка с хвостовиком, 2 — контролируемый образец, 3 — опорный столик прибора, 4 — шарик, 5 — гайка

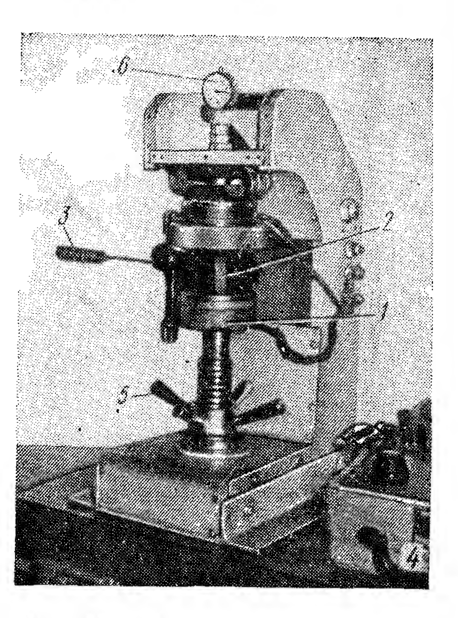


Рис. 119. Прибор для определения удельного электрического сопротивления электроугольных изделий:

1 — торцевые электроды, 2 — испытуемый образец, 3 — рукоятка с ножевыми электродами, 4 — потенциометр, 5 — штурвал, 6 — индикатор

Удельное электрическое сопротивление. Удельное электрическое сопротивление электроугольных изделий определяют из формулы

$$\rho = \frac{\Delta US}{Il},$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление, Ом·мм²/м; ΔU — измеряемое падение напряжения, мВ; I — сила тока, А; l — длина измеряемого участка, мм; S — сечение образца, мм².

Определение проводят на образцах, вырезанных из блоков или плит, а также из готовых щеток. Размер образцов во избежание ошибки при измерении должен быть не меньше 10×10×40 мм, в некоторых случаях 5×5×40 мм.

Образец должен вырезаться так, чтобы наибольшая сторона его располагалась перпендикулярно направлению давления прессования блока или заготовки.

Удельное электрическое сопротивление измеряют на установке (рис. 119, 120), состоящей из прибора (см. рис. 119) с торцевыми *1* (см. рис. 120) и ножевыми *3* (см. рис. 119) электродами, потенциометра *4* (см. рис. 120), регулировочного реостата *5*, выключателя *6*, источника тока *7* напряжением 6—9 В.

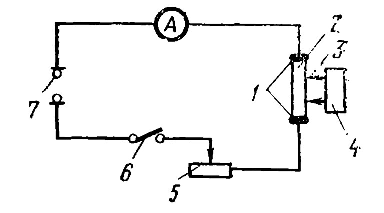


Рис. 120. Схема установки для определения удельного электрического сопротивления:

1 — торцевые электроды, *2* — испытуемый образец, *3* — ножевые электроды, *4* — потенциометр, *5* — регулировочный реостат, *6* — выключатель, *7* — источник постоянного тока

Испытуемый образец с помощью штурвала *5* (см. рис. 119) зажимается между торцевыми электродами. Усилие нажима должно быть не больше 40 кГ/см^2, оно указывается на индикаторе *6*.

Падение напряжения снимается ножевыми электродами, которые прижимаются к образцу с помощью рукоятки *3*. Расстояние между ножами составляет 15±0,5 мм.

При измерении удельного электрического сопротивления угольно-графитных, графитных и графитированных образцов плотность тока составляет 3—5 А/см^2, а для медно-графитных — 10—100 А/см^2.

Пример. При измерении образца полуфабриката марки ЭГ74 размером 10×10×40 мм получено среднее значение переходного падения напряжения ΔU=22,5 мВ при силе тока I=3 А; расстояние между ножами l=15 мм.

Удельное сопротивление образца составит:

$$\rho=\frac{22{,}5\cdot 10\cdot 10}{3\cdot 15}=50\ \text{Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}.$$

Для измерения удельного электрического сопротивления образцов длиной от 20 до 40 мм, сечением 5×5 мм применяют аналогичный метод.

Предел прочности при сжатии. Предел прочности при сжатии измеряют на испытательной машине типа УМ-5. На машине испытывают образцы в виде кубиков размером 10×10×10 с допуском на сторону ±0,1 мм, а также различные бронзо-графитные втулки. Образец при испытании сжимается между опорными столиками и доводится до разрушения.

Предел прочности на сжатие рассчитывается по формуле

$$\sigma=\frac{P}{S}\ \text{кГ/см}^2,$$

где P — усилие разрушения образца, кГ; S — площадь поперечного сечения образца, см^2.

При контроле прочности бронзо-графитных втулок определяют только величину усилия разрушения. Из-за появления сил трения между опорными плоскостями и испытуемым образцом результаты

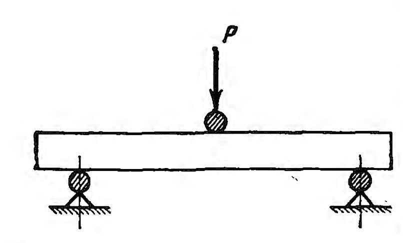


Рис. 121. Схема испытания электроугольных материалов на изгиб

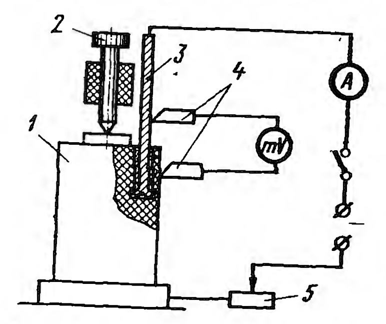


Рис. 122. Схема определения величины переходиого сопротивления между телом щетки и токоведущими проводами:

1 — испытуемая щетка, 2 — прижимное устройство, 3 — токоведущий провод, 4 — измерительные электроды, 5 — реостат, mV — миллнвольтметр, A — амперметр

измерений предела прочности при сжатии отличаются значительным разбросом.

Предел прочности при изгибе (статическом). Предел прочности при изгибе измеряют на испытательной машине РМ-500 или РМП-50. Образцы для испытания должны иметь размеры 10×10×58 мм с допуском на сторону по сечению ±0,1 мм. В отдельных случаях образцы могут быть размером 8×8×40 мм. Образцы испытывают при расстоянии между опорами 30—40 мм (рис. 121).

Газопроницаемость. Некоторые виды электроугольных антифрикционных материалов, применяемых в качестве уплотнений, проверяют на газопроницаемость. Газопроницаемость материала определяют на установке, состоящей из измерительного устройства, приспособления для зажима образца, манометра и газосборника.

Образец зажимают в резиновые прокладки и через него пропускают воздух, аргон, азот. Затем определяют объем газа, прошедшего через образец при известном давлении, и заданный промежуток времени.

Газопроницаемость наиболее плотных сортов электроугольных пропитанных материалов составляет 10^{-6}—10^{-7} дарси.

Переходное электрическое сопротивление между телом электрощетки и токоведущими проводами. Переходное сопротивление между телом щетки и проводом в месте заделки измеряют методом амперметра — вольтметра (рис. 122).

Величина переходного электрического сопротивления характеризует качество заделки провода и вычисляется по формуле

$$R_п = \frac{U}{I},$$

где $R_п$ — величина переходного электрического сопротивления, МОм; U — измеряемое иапряжение, мВ; I — ток, А.

Величина переходного сопротивления в зависимости от площади поперечного сечения щетки должна быть для большинства марок

электрощеток 1,25—10 МОм, для медно-графитных щеток марок МГ, МГ2 и МГ64 — 0,5—3,0 МОм.

Вырывное усилие. Величина вырывного усилия служит для оценки качества заделки провода в тело щетки. Как правило, ее проверяют для щеток, у которых заделка провода произведена способом конопатки.

Величину вырывного усилия измеряют на разрывной машине РМП-50, снабженной зажимным приспособлением (рис. 123). Нагрузку прикладывают плавно по оси токоведущего провода. Если при приложении определенной нагрузки, величина которой в зависимости от ширины и марки щеток согласно ГОСТ 2332—63 должна быть 2—12 кГ, провод не вырывается, то заделка канатика признается доброкачественной.

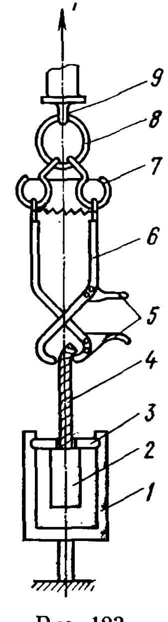


Рис. 123. Приспособление для определения величины вырывного усилия:
1 — вилка, *2* — испытуемая электрощетка, *3* — упорная планка, *4* — токоведущий провод, *5* — управляющие рукоятки, *6* — зажим, *7* — тяги, *8* — кольцо, *9* — крюк

Микроскопический анализ. Микроскопический анализ применяют для определения размера и формы зерен порошков, размера и характера распределения пор угольно-графитных и металлографитных изделий и материалов. Изучая микроструктуру образцов, удается выяснить тип композиции и примерный ее состав.

Микроструктуру полуфабриката и готовых изделий определяют путем просмотра под микроскопом МИМ-7 или МИМ-8 специально приготовленных шлифов. При необходимости эти шлифы фотографируют и сравнивают с эталонным образцом (рис. 124).

Подготовка шлифов для контроля микроструктуры состоит из операции разрезки изделий или блоков, шлифовки образцов сначала более грубой шкуркой, а затем более тонкой с последующей тщательной полировкой их поверхности.

Микротвердость. Определение микротвердости на приборе ПМТ основано на вдавливании алмазной четырехгранной пирамидки в испытуемый материал.

Коллекторные характеристики электрических щеток. К коллекторным характеристикам электрических щеток относят величину переходного падения напряжения между двумя щетками и коллектором ($2\Delta U$), износ и коэффициент трения.

Испытания проводят на короткозамкнутых коллекторах БК ⌀175—275 мм и СК ⌀90—100 мм.

Короткозамкнутый коллектор БК представляет собой обычный коллектор, но с закороченными с двух сторон при помощи напрессованных бандажей пластинами. Коллектор напрессован на изолированный вал.

Коллектор СК (рис. 125) состоит из двух цилиндрических колец из кадмиевой меди, напрессованных на изолированный вал. Между

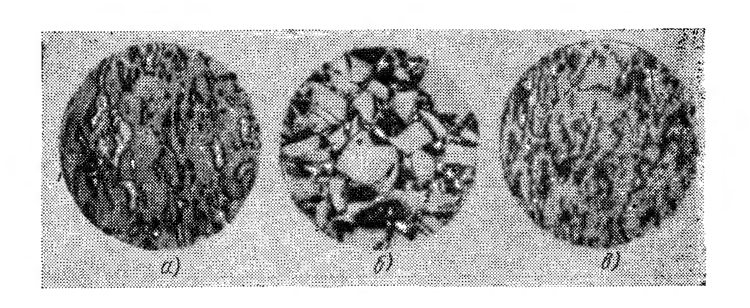


Рис. 124. Микроструктура электрощеток и контактов марок:
а — М1, *б* — ЭГ-74, *в* — МГ

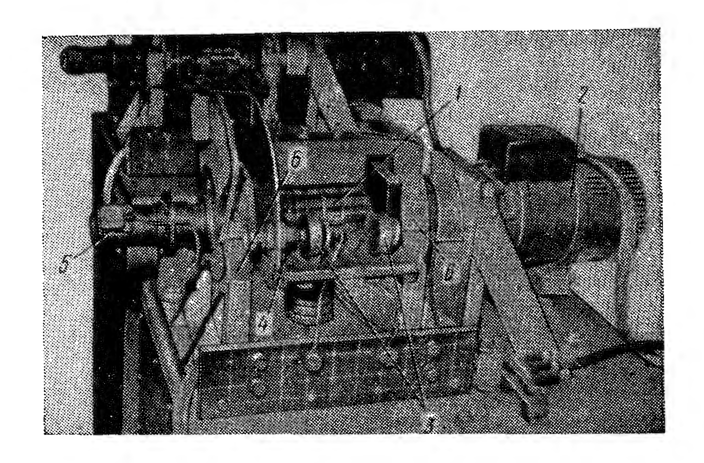


Рис. 125. Коллекторная установка типа СК для испытания электрощеток:
1 — короткозамкнутый коллектор, *2* — привод, *3* — пружинные динамометры, *4* — качающаяся траверса, *5* — тахометр, *6* — стойки коллектора с подшипниками

кольцами проложена изоляция, а поверхность имеет профрезерованные канавки. Коллектор вращается в подшипниках, установленных в стойках *6*; на подшипник насажена качающаяся траверса *4* с указательной стрелкой, на которой крепятся четыре щеткодержателя с пружинными динамометрами *3*. В качестве привода коллектора используется электродвигатель МП постоянного тока.

Через щетки пропускается ток 20 А/см² 6—9 В. Сила тока поддерживается на постоянном уровне с помощью стабилизаторов. Электрическая схема установки скоростного коллектора СК приведена на рис. 126.

Испытание щеток состоит из трех операций: 1) подготовки установки к испытанию; 2) притирки щеток к коллектору; 3) основного периода испытаний.

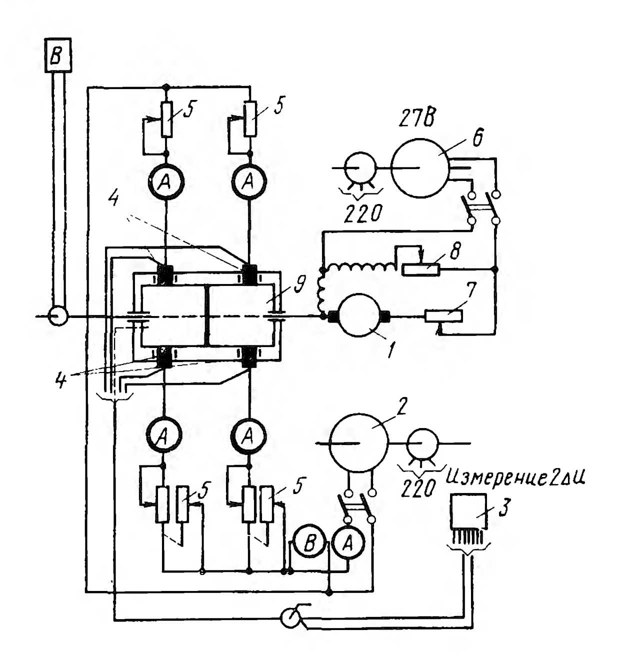


Рис. 126. Электрическая схема установки СК для испытания электрощеток:

1 — электродвигатель постоянного тока, *2* — генератор 6/12 В; *3* — вольтметр класса, 1, 5, *4* — щетка, *5* — угольные реостаты, *6* — генератор, *7* — пусковой реостат, *8* — шунтовой реостат, *9* — коллектор

В течение третьего периода измеряют величину переходного падения напряжения, коэффициент трения щеток и величину износа щеток.

Величину переходного падения напряжения на пару щеток измеряют по показателям вольтметра.

Коэффициент трения между щетками и коллектором определяют по способу качающей траверсы. При вращении коллектора траверса со щетками отклоняется от своего исходного положения в сторону вращения на определенный угол, величина которого зависит от силы трения щеток о поверхность коллектора. Прилагая к плечу траверсы во время вращения коллектора усилие, ее возвращают в исходное положение.

Зная давление на щетки, радиус коллектора и момент трения, вычисляют коэффициент трения по формуле

$$\mu_{ск} = \frac{M}{r \cdot Q},$$

где $\mu_{ск}$ — коэффициент трения щеток о коллектор; M — момент трения, отсчитываемый по шкале, кГ·см; r — радиус коллектора, см; Q — суммарное нормальное давление на испытываемые щетки, кГ.

Износ щеток определяют по разности их высот до и после испытания.

Испытания на коллекторах СК проводят в течение 20 ч при удельном давлении на щетку 800 Г/см^2, окружной скорости 25 м/с и плотности тока 20 А/см^2.

Испытания на коллекторах БК проводят в течение 80 ч при окружной скорости 15 м/с, удельном давлении 150—300 Г/см^2 и плотности тока 6—20 А/см^2.

Пропуская через щетки разный по величине ток и записывая величину переходного падения напряжения на них, получают кривые зависимости, называемые статическими вольтамперными характеристиками электрощеток (см. рис. 101).

Магнитные свойства. Магнитные свойства, коэрцитивную силу и остаточную индукцию определяют при контрольных испытаниях каждой партии магнитов на установке типа У-341 завода «Точэлектроприбор». По согласованию с заказчиком допускается проверять магнитные свойства по магнитному потоку, магнитному моменту, а также грузоподъемности.

Контрольные вопросы

1. Какова система контроля производства электроугольных изделий?
2. Назовите основные параметры входного контроля сырья.
3. Расскажите о контроле технологического процесса производства электроугольных изделий.
4. Как контролируют полуфабрикат и качество готовых изделий?
5. Какие существуют виды контроля?
6. Охарактеризуйте методы определення пористости и содержания зольных примесей в электроугольных изделнях.
7. Как определяют газопроницаемость электроугольных изделий?
8. В чем заключается контроль твердости и удельного электрического сопротивления?
9. Какие применяют методы контроля механических свойств электроугольных изделий?
10. Расскажите об определении переходного электрического сопротивления между телом электрощетки и токоведущим проводом.
11. Для чего используют микроскопический анализ?
12. Как определяют коллекторные характеристики электрощеточного полуфабриката?
13. Какие магнитные свойства изделий проверяют и какими способами?

ОСНОВЫ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОУГОЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 61. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Существует пять ступеней механизации и автоматизации производственных процессов *:

1) механизированное ручное производство;
2) механизированное производство;
3) комплексно-механизированное производство;
4) автоматизированное производство;
5) комплексно-автоматизированное производство.

При механизированном ручном производстве для облегчения выполнения ручных операций применяют простейшие приспособления, механизмы, а также механизированный инструмент.

При механизированном производстве основные операции производственного процесса осуществляют машины и механизмы. Однако в этом случае еще значительна доля ручного труда, так как вспомогательные операции выполняются частично вручную.

При комплексной механизации все основные и вспомогательные операции технологического процесса увязаны друг с другом по производительности и по темпу. Труд человека используется только для управления и обслуживания машин и механизмов. Комплексная механизация является переходной к более высшей форме — автоматизированному производству.

При автоматизированном производстве человек-оператор осуществляет наладку, наблюдение и управление ходом производственного процесса. Основные и вспомогательные операции, а также регулирование процесса совершаются автоматически.

При комплексной автоматизации основные и вспомогательные процессы и операции осуществляются машинами, механизмами и другим оборудованием.

Таким образом, отличие механизации от автоматизации производства заключается в том, что при механизации человек управляет машинами, а при автоматизации основные функции управления выполняют специальные устройства.

В зависимости от степени передачи функций человека специальным автоматическим устройством различают следующие виды автоматизации:

1) автоматический контроль;
2) автоматическое управление;
3) автоматическое регулирование.

Автоматический контроль. При автоматическом контроле с помощью различных приборов и механизмов без участия человека

---

* В. Г Зубов. Основы механизации и автоматизации производства, М., «Высшая школа», 1964.

измеряются различные параметры процесса, в том числе температура, время, давление, скорость, уровень, напряжение, ток, расход электрической энергии, а также другие величины.

При достижении заданных или предельных параметров процесса срабатывает звуковая или световая сигнализация.

Кроме того, автоматический контроль предусматривает учет количества израсходованного сырья и выпускаемых изделий.

Автоматическое управление. Под автоматическим понимают такое управление технологическим процессом, при котором с помощью автоматических устройств обеспечивается необходимая последовательность технологических операций, как-то: пуск и остановка, реверсирование двигателей, открывание и закрывание клапанов, вентилей или других устройств.

В системе автоматического управления предусматривается строго заданная последовательность операций, причем последующая операция не начинается до тех пор, пока не закончится предыдущая.

Системе автоматического управления не свойственны функции контроля.

Автоматическое регулирование. В систему автоматического регулирования входят установка и поддержание без участия человека на заданном уровне всех параметров (давления, температуры, напряжения, тока, скорости, выдержки и др.) технологического процесса с помощью автоматических регуляторов.

Система автоматического регулирования объединяет функции контроля и управления; она осуществляет в наиболее полном объеме автоматизацию технологического процесса.

Система автоматического регулирования выполняет следующие задачи: измеряет регулируемую величину, сравнивает ее с заданным параметром и устанавливает величину отклонения, воздействует на регулируемый процесс с целью устранения отклонения процесса от заданного параметра.

Для обеспечения выполнения указанных функций система автоматического регулирования оснащена системой связанных друг с другом устройств: датчиком, механизмом сравнения, исполнительными органами, задатчиками и усилителями.

§ 62. ПРИМЕРЫ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОУГОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Опыт работы по механизации и автоматизации электроугольного производства, а также смежных отраслей промышленности учит, что прежде чем автоматизировать процесс, необходимо его механизировать, а также заменить аппараты периодического действия непрерывными.

При использовании аппаратов периодического действия усложняется решение задачи; ее часто ограничивают только организацией автоматического контроля параметров процесса. Поэтому механи-

зация и автоматизация производства электроугольных изделий проводится в направлении:

1) разработки и создания непрерывно действующих машин полуавтоматов и автоматов;

2) создания на отдельных этапах производственного процесса поточных и поточно-механизированных и автоматизированных линий.

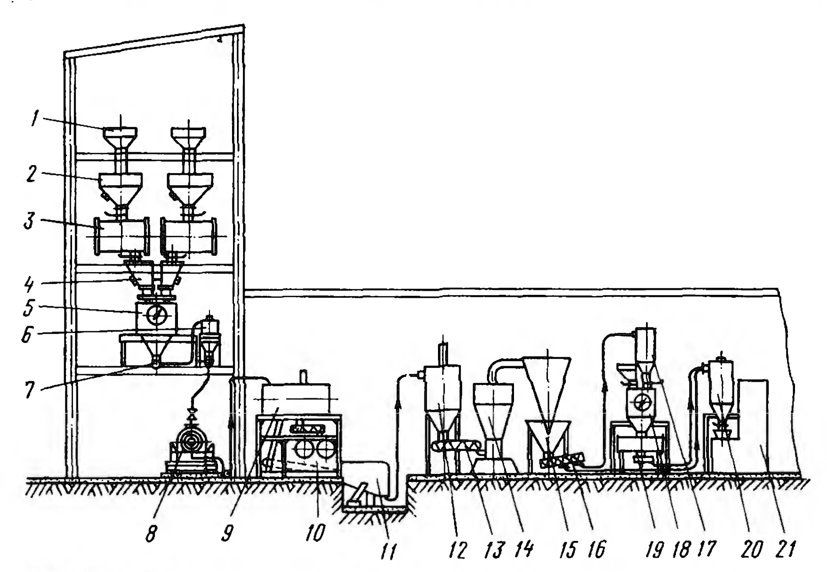


Рис. 127. Поточно-технологическая линия производства электроугольного полуфабриката:

1 — приемная воронка, 2 — приемный бункер, 3 — смеситель, 4, 12, 17 — бункера, 5 — автоматический весодозатор, 6 — распределительный бункер, 7, 13, 16, 19 — шнеки, 8 — вибромельница М-400, 9, 15 — промежуточные бункера, 10 — вальцы, 11 — ломатель, 14 — мельница, 18 — весодозатор, 20 — бункер роторного пресса, 21 — роторный пресс

Примером механизации на заготовительном участке является создание поточно-механизированной линии приготовления полуфабриката марки ЭГ74 (рис. 127). На этой линии исходные сырьевые материалы — сажа и пек — усредняются в смесовых барабанах, а затем поступают в приемные бункеры, установленные над порционным весодозатором.

Дозаторы отвешивают отдельно сажу и пек, а также другие добавки в передаточную тележку, откуда шихта загружается в вибрационные мельницы.

Размолотая шихта с помощью пневмотранспорта передается в бункер-приемник, находящийся над вальцами с электрообогревом. После трех-четырехкратного вальцевания массу охлаждают, а затем размалывают. Полученный пресс-порошок смешивают с порообразующей добавкой, а затем прессуют в блоки на прессе роторного типа. Управление работой линии производится с пульта управления.

В более совершенной схеме применяют смесители барабанного типа, автоматические дозаторы, вибрационные двухбарабанные мельницы, вальцы непрерывного действия. В настоящее время на базе такого оборудования создаются поточно-технологические линии производства пресс-композиций для сажевых электрощеток.

Использование шнековых смесителей, в которых совмещаются процессы смешения и вальцевания, является дальнейшим этапом механизации и автоматизации технологического процесса. Замена кольцевых печей туннельными длиной 75 м и более позволяет механизировать и автоматизировать процесс обжига изделий.

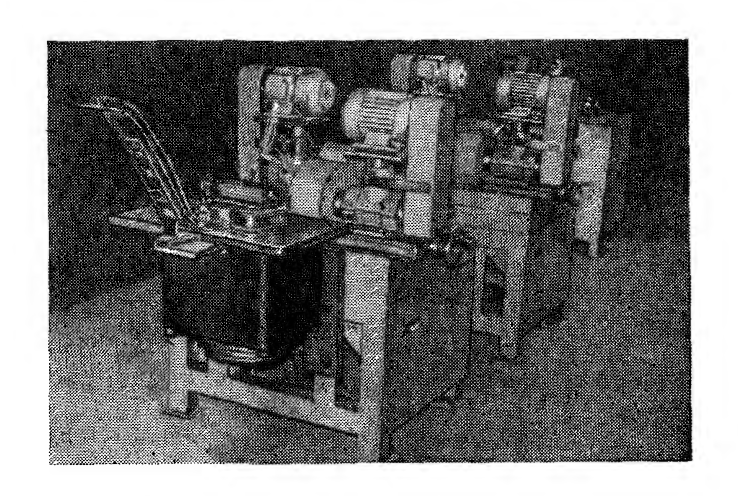


Рис. 128. Поточная линия по обработке заготовок для щеток, применяемых на железнодорожном транспорте и автомобильных генераторах

Также перспективным является применение печей непрерывной графитации.

На участках механической обработки и сборки созданы механизированные поточные линии по обработке заготовок наиболее массовых типов щеток для железнодорожного транспорта, а также для автомобильных генераторов (рис. 128).

Контрольные вопросы

1. Назовите пять ступеней механизации и автоматизации производства и в чем заключается их различие?
2. Какие существуют основные виды автоматизации и каково их различне?
3. Как работает поточная механизированная линия изготовления полуфабриката ЭГ74?

ГЛАВА XIV

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

§ 63. НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРАВИЛ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Действующее в СССР трудовое законодательство предусматривает создание на промышленных предприятиях безопасных условий труда и проведение мер по эффективной охране здоровья трудящихся.

Существующие правила техники безопасности и охраны труда, принятые для промышленных предприятий других отраслей промышленности, полностью распространяются на электроугольные заводы.

Если во время работы не принимать необходимых мер предосторожности, не соблюдать правила инструкций по технике безопасности и промсанитарии, то могут произойти острые и хронические отравления, возникнуть травмы и различные профессиональные заболевания.

На электроугольных предприятиях существуют службы, которые занимаются вопросами охраны труда, техники безопасности и промсанитарии. Задача этих служб состоит в проведении мероприятий, способствующих созданию безопасных условий труда на производстве.

Лицам, работающим на электроугольных заводах, необходимо руководствоваться «Правилами техники безопасности и промсанитарии в электроугольном производстве», утвержденными ЦК профсоюза рабочих электростанций и электропромышленности 22.XI.62 г.

Для изготовления электроугольных изделий применяют разнообразные сырьевые материалы в твердом, порошкообразном или жидком состоянии. Переработка этих материалов связана с выделениями паров и пыли, вредно влияющими на здоровье рабочих и обслуживающего персонала. Так, под влиянием углеродистой пыли пекового нефтяного кокса и графита может развиваться фиброз легких и снижение их емкости. Это заболевание называют антракозом. Свинец и его соединения, попадая через дыхательные пути в организм, могут вызвать отравление. Проникновение в организм даже незначительных количеств ртути вызывает хроническое отравление, выражающееся в заболевании нервной системы.

Каменноугольная смола, пек, пековая пыль на поверхности тела вызывают заболевание кожи — дерматит, а также воспаление слизистой оболочки глаз. Выделяющиеся при переработке смолы и пека летучие содержат вещество, которое называется 3,4-бензпиреном, исключительно вредное для здоровья людей. Бензин и бензол вызывают поражение нервных клеток и кроветворных органов человека.

Попадая на незащищенную проводку или электрическую аппаратуру, углеродистая пыль коксов, графита и сажи образует токопроводящие мостики и может быть причиной замыкания и электротравмы.

Также вредно отражается на здоровье человека шум, возникающий при работе различного рода механизмов, тепловое выделение и световое излучение.

§ 64. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЕ ТРУДА И ПРОМСАНИТАРИИ

К выполнению любой работы, в том числе на станках, аппаратах, приспособлениях могут быть допущены только лица, прошедшие инструктаж, а также обучение правилам техники безопасности и приемам работы.

Дата проведения инструктажа должна быть записана в журнале. Лица, прошедшие обучение, сдают экзамен комиссии, которая проверяет их знания и выдает удостоверения. Инструктаж, а также обучение обслуживающего персонала безопасным методам работ периодически (раз в квартал) должен быть повторен. На рабочем месте, у станка, аппарата, механизма на видном месте должна вывешиваться подробная рабочая инструкция с указанием приемов работы и мер по технике безопасности, утвержденная главным инженером предприятия.

Все движущиеся части станков и аппаратов должны иметь надежное ограждение, исключающее свободный доступ к ним в процессе работы.

Рабочие и обслуживающий персонал, имеющие дело с веществами, вредно действующими на кожу, слизистую оболочку глаз, органы дыхания, должны быть обеспечены соответствующей спецодеждой, защитными очками, противогазами, респираторами и другими средствами индивидуальной защиты. Руки, шею, лицо при работе с пеком, каменноугольной смолой, бакелитовым лаком необходимо смазывать нейтральной пастой «Хиот-6», «Хиот», пастой профессора Шапиро и др.

Спецодежда (комбинезон, береты, обувь, перчатки) должны соответствовать характеру выполняемой работы, не должны стеснять движения.

Во избежание захвата движущимися частями машин рабочая одежда должна быть наглухо застегнута, концы косынок, платков должны быть подобраны, манжеты рукавов должны плотно охватывать руки около кистей. Запрещается подвязывать рукава тесемками или одежду поясками.

Рабочие места, подступы к станкам и аппаратам нельзя загромождать сырьем, вспомогательными материалами, отходами, ящиками и другими предметами.

Цеха, где по технологическому процессу происходит выделение тепла или образование пыли, газа и пара, должны иметь эффектив-

ную приточно-вытяжную вентиляцию как общего, так и местного назначения.

§ 65. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

На каждом электроугольном производстве должны быть оборудованы гардеробные или пропускники с раздельными гардеробами для домашней и рабочей одежды, душевые и умывальные.

В цехах должна быть кипяченая вода, температура которой 8—20° С.

Рабочие горячих цехов и горячих отделений должны быть обеспечены газированной подсоленной водой.

Во избежание отравления или попадания на кожу вредных веществ необходимо соблюдать правила личной гигиены:

перед едой тщательно мыть теплой водой с мылом руки и полоскать рот;

после работы со свинцом надо обмыть руки 1%-ным раствором кальцинированной соды или 1%-ным раствором уксусной кислоты, а затем промыть их теплой водой;

коротко стричь ногти;

после смены обязательно принимать душ.

Все работающие на электроугольных предприятиях должны периодически проходить медицинский осмотр.

Во всех цехах должны находиться аптечки с необходимым набором лекарств.

§ 66. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ

Поражение электрическим током может произойти как от непосредственного соприкосновения с проводником, так и от соприкосновения с ним через элементы незаземленного оборудования.

Все проводники электрического тока должны иметь надежную изоляцию.

Оборудование, находящееся под напряжением, должно быть заземлено.

Не следует прикасаться к электрооборудованию, распределительным щиткам, арматуре, открывать дверцы электрораспределительных шкафов.

Нельзя самостоятельно производить ремонт электрооборудования, сгоревших плавких предохранителей, заменять сгоревшие электролампы.

Токоведущее оборудование и провода, находящиеся под напряжением, если вблизи них проводятся ремонтные работы, должны быть обесточены.

Ручные переносные светильники должны быть напряжением 12 или 36 В.

Питание светильников должно происходить от понижающего трансформатора, корпус и вторичная обмотка которого должны быть заземлены.

Во время работы с электрифицированным инструментом необходимо пользоваться резиновыми перчатками и резиновыми ковриками.

Запрещается обслуживать электрические устройства лицам, не обученным, не сдавшим соответствующий экзамен и не получившим удостоверения на право производства работ.

Пожары на предприятиях являются главным образом следствием небрежного отношения и неправильного обращения с горючими веществами и материалами.

Нельзя курить вблизи ацетиленового (газосварочного) аппарата и подходить к нему с огнем.

Нельзя допускать попадания жира или масла на кислородные баллоны.

При работе во взрывоопасной среде (наличие паров бензина, бензола и других горючих веществ) нельзя пользоваться открытым огнем.

Растворители и другие легковоспламеняющиеся вещества должны храниться в специальных кладовых и в плотно закрытой таре.

Нельзя складывать в кучу промасленные тряпки: их надо хранить в специальных металлических ящиках с крышками и в отведенных для этого местах.

Во избежание воспламенения не следует промывать нагретые поверхности легковоспламеняющимися составами.

Нерастворимые в воде жидкости (бензин, керосин, бензол) нельзя тушить водой, так как эти вещества легче воды и образуют под ней пленку, которая продолжает гореть.

Такие вещества тушат песком, огнетушителями, а также путем накрывания кошмой.

Если загорелась одежда, бежать нельзя, а нужно как можно быстрее сбросить ее с себя.

Все участки цехов с повышенной взрывоопасностью должны иметь кнопочную сигнализацию для вызова пожарной охраны.

Проезды в цехах нельзя загромождать тарой или другими материалами.

При использовании для нагрева печей природного или генераторного газа, а также различного рода защитных газов или углеводородов необходимо руководствоваться инструкцией по технике обращения с такими газами.

Следует уделять особое внимание герметизации газовых коммуникаций, своевременно ликвидировать утечку газа.

В печах, где применяется защитная атмосфера, в особенности водород, самым опасным является момент пуска водорода в печь и остановка.

Во избежание хлопков и взрыва необходимо перед пуском продувать каналы печи инертным газом — азотом.

§ 67. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С СОСУДАМИ И АППАРАТАМИ, РАБОТАЮЩИМИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Сосуды и аппараты, работающие под давлением, должны:

снабжаться манометрами, на циферблате которых наносится красная черта, указывающая на величину предельно допустимого давления, которое не должно превышаться;

оснащаться исправной арматурой, контрольно-измерительными приборами, предохранительными клапанами и другими приспособлениями, обеспечивающими их безопасное обслуживание;

периодически подвергаться проверке, которая производится в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Во избежание взрыва запрещается производить ремонт сосуда, находящегося под давлением.

Нельзя подвергать перегреву от солнечных лучей радиаторы отопления печей, сосуды и аппараты, находящиеся под давлением.

Баллоны, содержащие различного рода газы: кислород, водород, азот, углекислый газ и другие легковоспламеняющиеся вещества, следует хранить и эксплуатировать в соответствии с указанными выше правилами.

Контрольные вопросы

1. Что вы знаете о технике безопасности и охране труда в электроугольном производстве?
2. Какие требования предъявляют по технике безопасности и промсанитарии?
3. Назовите вредные вещества, типичные для производства электроугольных изделий.
4. Какие правила личной гигиены необходимо соблюдать в производстве?
5. Что вы знаете об электробезопасности?
6. Как можно предупредить пожары и взрывы?
7. Расскажите о технике безопасности при обращении с аппаратами, работающими под давлением.

ЛИТЕРАТУРА

А. С. Фиалков. Технология и оборудование электроугольного производства. М., Госэнергоиздат, 1958.

А. С. Фиалков. Формирование структуры и свойств углеграфитовых материалов. М., «Металлургия», 1965.

Е. Ф. Чалых. Технология углеграфитовых материалов. М., ГНТИ по черной и цветной металлургии, 1963.

П. С. Лившиц. Щетки для электрических машин. М. — Л., Госэнергоиздат, 1961.

П. С. Лившиц. Характеристики и области применения электрощеток отечественного и зарубежного производства. М., Информстандартэлектро, 1967.

А. М. Бордаченков, О. В. Чикунов. Новые электрощетки для тяговых двигателей. М., ОНТИ стандартизации и нормализации по электротехнике, 1964.

М. А. Степаненко, Я. А. Брон, Н. К. Кулаков. Производство пекового кокса. Харьков, ГНТИ литературы по черной и цветной металлургии, 1961.

И. М. Федорченко, Р. А. Андриевский. Основы порошковой металлургии. Киев, АН УССР, 1961.

М. Ю. Бальшин. Порошковая металлургия. М., Машгиз, 1948.

Б. Г. Зубов. Основы механизации и автоматизации производства. М., «Высшая школа», 1964.

Н. В. Никулин, В. В. Кортнев. Производство электрокерамических изделий. М., «Высшая школа», 1965.

Н. Г. Дроздов, Н. В. Никулин. Электроматериаловедение. М., «Высшая школа», 1968.

Н. З. Поздняк, А. К. Крушинский. Проектирование и оборудование цехов порошковой металлургии. М., «Машиностроение», 1965.

Я. Б. Шор. Контроль качества продукции — в стандарты СССР. Ж. «Стандарты и качество», № 6, 1967.

И. В. Темкин. Применение коксующихся углей в производстве углеграфитовых материалов. М., Информстандартэлектро, 1967.

Я. Г Давидович. Новая методика испытаний электрощеток. Информационно-технический сборник ЦБТИ «Электропромышленность» № 6, 1958.

А. Б. Альтман и др. Серебро-никелевые электрические контакты с повышенной износостойкостью. «Новое в электрометаллокерамике», вып. 2, Информэлектро, 1971.

А. Б. Альтман, И. М. Гагарина, П. А. Гладышев. Металлокерамические магниты из сплавов на основе системы Fe — Ni — Al с повышенной однородностью магнитного поля. «Новое в электрометаллокерамике», вып. 1, Информэлектро, 1969.

Д. Е. Богатин. Производство металлокерамических деталей. М., «Металлургия», 1968.

Е. Ф. Чалых. Технология и оборудование электродных и электроугольных предприятий. М., «Металлургия», 1972.

В. М. Валакина и др. Новые металлокерамические антифрикционные и конструкционные материалы в электропромышленности. М., Информэлектро, 1971.

Металлокерамика в электротехнической промышленности. Под ред. А. Б. Альтмана, В. С. Челнокова. ВНИИЭМ, 1964.

ОГЛАВЛЕНИЕ